المدخل لتحليل الأبعاد الثلاثة
لحركة جسم الإنسان
فى المجال الرياضى

دكتور
عادل عبد البصير على

مركز الكتاب للنشر

الطبعة الأولى

١٩٩٨



مصر الجديدة : ٢١ شارع الخليفة المأمون - القاهرة
ت : ٢٩٠٨٢٠٣ - ٢٩٠٦٢٥٠ - فاكس : ٢٩٠٦٢٥٠
مدينة نصر : ٧١ شارع ابن النفيس - المنطقة السادسة - ت : ٢٧٢٣٣٩٨

إهداء

إلى المهتمين بالميكانيكا الحيوية فى مجال التربية الرياضية
والرياضة.. من دارسين ومدرسين ومدربين
إلى زوجتى وأبنائى
إلى كل من ساهم فى إخراج هذا العمل إلى حيز الوجود



تقديم

منذ وقت قريب، فتن العلماء بحركة جسم الانسان، ويؤكد ذلك تقرير كل من اريستوتل Arristotle، وليونارد دافينش Leonardo Davinci.

وفى بداية القرن العشرين اكتشف كل من مارى Mary، مايوبريدج Muy-bridge، براون Broun، فيشر Fisher طرق فنية جديدة لدراسة الحركة.

وفى سنة (١٩٥٠م) أتاح ظهور السرعة العالية للتصوير، وإمكانات الحساب، دائرة أفق جديدة لدراسة الأوضاع العادية لجسم الإنسان والخطوة المبتورة كما فى بيوميكانيكية الرياضة ودراسة الإصابات.

كما أن التقدم العظيم فى حل الزمن الحقيقى للبيانات أدى إلى انفجار للإمكانات فى هذا المجال.

لذا فإن هذا المؤلف يسلط الأضواء على حركة جسم الإنسان، ولماذا يركز على الأبعاد الثلاثة ؟

وبالتأكيد فإن تحديث التطبيق العلمى للبيانات التى يمتلكها، أتاح الفرصة وشجع دراسة الأبعاد الثلاثة، ومع ذلك قدرة قياس الأبعاد الثلاثة للحركة لم تعطينا آلياً القدرة على التحليل أو أى رؤية لصلاحية القياسات.

يُسهل التحليل فى مستويين Biplanar analysis تسلسل التحليل فى اتجاهين لأهداف الحركة فى مستويات متنوعة (المستوى السهمى Sagittal Plane)، (المستوى الأمامى Frantal Plane.. وهكذا) ولكن فى الحقيقة تحليل الأبعاد الثلاثة يضع فى الحسبان جميع مرفولوچية وعدم انتظام جسم الإنسان وحركاته المعقدة، والمتعددة الاتجاهات.

وهدفنا الاساسى فى هذا المرجع عرض فن تحليل الأبعاد الثلاثة للذين يعملون فى مجال دراسة حركة جسم الإنسان وبخاصة الباحثون فى مجال الأنشطة الرياضية والذين يرغبون فى فهم مفاهيم خطوط هذا النوع من

التحليل، وبخاصة المدرس، والمدرب، وطلاب الدراسات العليا، ومرحلة البكالوريوس فى مجال التربية الرياضية والرياضة، والذين سيجدون فى هذا الكتاب بغيتهم وسوف يستطيعون الاستفادة من محتوياته.

ويعتبر هذا الكتاب مرجع فنى للمجال العلمى للميكانيكا الحيوية فى الحركات الرياضية، ويعرض كل من الإمكانات ووضع النواة لتحليل الأبعاد الثلاثة لحركة جسم الإنسان.

ويحتوى كل جزء على الكثير من الأجزاء الفنية للحصول على انتاج التحليل ذو الثلاثة أبعاد.

وقد راعيت أن يشتمل هذا الكتاب على أربعة أبواب يمكن الاسترشاد بها بحرية.

الباب الأول: ويعرض اختذال وتنسيق البيانات وجاءت فى ثلاثة فصول، الفصل الأول احتوى على تجهيزات الأبعاد الثلاثة، تحليل حركة الأعضاء، الجينيوميتر. والفصل الثانى اشتمل على الكهرومغناطيس والإحساسات الصوتية، وإعادة بناء التصوير المساحى. والفصل الثالث اشتمل على تقدير القوة الديناميكية، والاستخلاصات والملخص ومراجع الباب الأول.

أما الباب الثانى: فيعرض قواعد إعادة بناء الأبعاد الثلاثة وجاءت فى ثلاث فصول، الفصل الأول احتوى على نظم الإحداثيات الفراغية، تكنيك إعادة البناء، الكاميرا الثابتة، التكنيك الكلاسيكى البناء، التكنيكات المتداخلة لإعادة البناء، الفصل الثالث اشتمل على إقلال خطأ إعادة تركيب الإحداثيات، أنواع الكاميرات وتشويش العدسة، فنيات إعادة البناء، المراجع الخاصة بالباب الثانى.

كما يعرض الباب الثالث: الإجراءات الأساسية لتصوير الأبعاد الثلاثة بالفيديو، واشتمل على ثلاثة فصول، الفصل الأول يعرض تقويم السيطرة على البيانات والعمليات، كثرة التضليل فى الحساب، عامل التحكم الأفضل،

فى حين اشتمل الفصل الثانى على اشتراكات البرامج «الغلق ـ الرفع»، تطور نظم البرامج، أما الفصل الثالث فيعرض كاميرات الفيديو، الفيديو ذو السرعة العالية، الاستنتاجات والتنبؤ، المراجع الخاصة بالباب الثالث.

ويعرض الباب الرابع: النظم التى تعتمد على وسائل الالكترونية البصرية وجاء فى ثلاثة فصول، الفصل الأول يحتوى على المكونات الرئيسية لنظام قياس الأبعاد الثلاثة، العلامات المباشرة وغير المباشرة، أنظمة صمامات الإضاءة الثنائية، العلامات ذات العواكس الخلفية (الارتجاعية)، الفصل الثانى يحتوى على أجهزة الرصد الموجهة وغير الموجهة، توليف جهاز الرصد، الكاشف عن العلامة، الكشف المبدئى، وأسلوب معاملة الإشارة، مستوى الحاسب الآلى، المعاملة الأساسية، والفصل الثالث اشتمل على عملية إعادة بناء مركبات الأبعاد الثلاثة، تقسيم نظم قياس الحركة للأبعاد الثلاثة، الخلاصة، مراجع الباب الرابع.

كما يعرض الباب الخامس: والأخير تطبيقات التحليل ذو الأبعاد الثلاثة فى الانشطة الرياضية، وجاء فى ثلاثة فصول، الفصل الأول يحتوى على التنس، والثانى يحتوى على التزحلق على الماء، والفصل الثالث يحتوى على القفز بالزانة، تنس الطاولة وحدود انتشار تحليل الأبعاد الثلاثة مستقبلاً، ومراجع الباب الرابع. كما تم تدعيم كل فصل بالرسومات التوضيحية.

وفى النهاية أتمنى أن يستفيد كل من القارئ والمتخصص فى مجال الميكانيكا الحيوية فى مجال الحركات الرياضية من هذا الكتاب.

والله ولى التوفيق

المؤلف

أ.د. عادل عبد البصير على

(١٩٩٨)

المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة

المحتويات

الباب الثالث
الإجراءات الأساسية لنظم
تصوير الأبعاد الثلاثة بالڤيديو

المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة

الباب الرابع
النظم التى تعتمد على الوسائل الالكترونية البصرية

المحتويات

الموضوع | رقم الصفحة

الباب الخامس
تطبيقات تحليل الأبعاد الثلاثة
فى الأنشطة الرياضية

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال

الباب الأول

اختـزال وتنسيق البيانات

Data Capture and Processin

الفصل الأول

أولاً : تجهيزات الأبعاد الثلاثة
ثانياً : تحليل حركة الأعضاء
ثالثاً : الچينيوميتر

الفصل الأول

أولاً: تجهيزات الأبعاد الثلاثة *Three- dimensional Instrumentation*

يصف هذا الفصل التجهيزات المستخدمة فى قياسات الأبعاد الثلاثة، ويصف أولاً الاختراعات التى سجلت دورانات المفصل مثل الچينيوميتر Gon-iometrs والاكتروماچنيتك Electromagnetic والحس الصوتى Acoutic Sen-sors. ووصف كل اختراع (اكتشاف) باصطلاحاته الأساسية للأجزاء، وأفضلية التحديد كانت لاستخداماته فى البيئة الطبية المحيطة به.

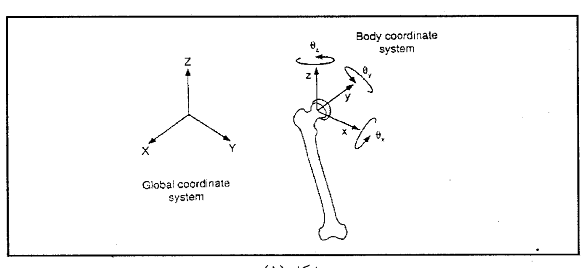
أما إعادة التصوير المساحى Photogrammetric الذى استخدم كمدخل لكل الانظمة الأساسية للكاميرا فيوصف فيما بعد. شرحت اللوغارتم، (الرمز الحسابى) الانتقال الخطى المباشر (DLT) Direct Linear Transformation والاشتقاق الكامل الخاص بكينماتيكية الأجسام الصلبة من الأبعاد الثنائية للأهداف. واخيراً وصف المدخل لمقياس العجلة، والتركيز على فائدته وتخصيصه كتطبيق فى دراسات علم الحركة المتصلة بالبيئة المحيطة التى تشمل الجاذبية الأرضية. واشتمل الفصل على وصف الإجراءات لتقدير أحمال المفصل وتقدير تطوير امتلاك ربط المعلومات الكينماتيكية من قياسات كل من الوضع والعجلة.

* * *

ثانياً: تحليل حركة الأعضاء *Segmental Kinesiological Analysis*

يتكون النظام الهيكلى العضلى Musculoskeletal، من مجموعات من الحلقات المنفصلة، والتى يمكن اعتبارها تقديرياً كأجسام صلبة، ويحتاج وصف ست درجات حرية Degrees of Fredom .(DOF) إلى وضع واتجاه كل حلقة فى الفراغ Space. وباعتبار أن عظمة الفخذ The Femur كمثال لذلك عرضت فى شكل (١).

ويمكن تحديد وضعها فى الفراغ فى النظام الإحداثى المعملى Laboratory Coordinate System (LCS). عن طريق ربطها بنظام إحداثى لأى جسم Body Ceordenate System (BCS). والنظام الإحداثى للجسم يمكن تمييزه كاملاً عن طريق الوضع الخاص لكل من الاتجاه (X, Y, Z)، ومتابعة دورانه حول محاوره عن طريق مقدار ($\theta_x, \theta_y, \theta_z$)، والإحداثيات الستة ($\theta x, \theta_y, \theta_z$, X, Y, Z) هى درجات الحرية لعظمة الفخذ، وبالإضافة إلى توحيد تحديد وضعها الفراغى واتجاهها عند أى لحظة زمنية.



شكل (١)

تحديد درجات الحرية الستة لأى جسم صلب فى الفراغ باستخدام الثلاث معلمات الانتقالية (Z,Y,X) لتحديد الحركة والثلاث معلمات الدورانية ($\theta_x, \theta_y, \theta_z$) لتحديد الاتجاه.

هدفت القياسات الحركية إلى الوصف الكمى لحركة أجزاء الجسم فى الفراغ، وحركة المفاصل الرابطة لتلك الأجزاء. ويمكن استخدام النتائج للتحديد الموضوعى الكينماتيكى (تغير الإحداثيات الفراغية مع الزمن) ولحساب القوة والعزم الذى يساعد الحركة (مثل الكينتيكا Kinetics). ويشار إلى كلا المفهومين لدراسة الحركة عند التحليل البيوميكانيكى.

اعتمدت الدراسات الحديثة لحركة جسم الإنسان على ثلاث محددات والتى ترجع إلى نهاية القرن التاسع عشر، عندما ظهرت الثلاث منشورات الرائدة فى الصحف منذ ما يقل عن ١٠ سنوات:

* موضوعية ودقة السيطرة على الحركة. (Marey, 1873 ; Muybridge, 1887)

* قياس القوى بين الجسم المتحرك والبيئة الخارجية المحيطة به (Marey, 1873).

* تقريب أجزاء الهيكل عن طريق حلقات صلبة تربطها خلال مجموعات أقل احتكاكاً للمفاصل (Braun & Fischer 1895/1987).

كان المصور الأمريكى E. Muybridge (1889) أول من استخدم بنجاح عرض التصوير عن طريق استخدام مجموعة من الكاميرات لتحديد أطول مضمار سباق لدراسة تحرك الحصان.

أوضحت الدراسات أن التصوير يمكن استخدامه كأداة للسيطرة على دقة المعلومات اللازمة لتوصيف كينماتيكية أطراف الحيوانات. ولتوضيح عظمة هذا الاكتشاف، موى بريدج أمكنه إثبات أن أى خطوة للحصان، لها مرحلة طيران، عندما تكون جميع أطرافه فى الهواء، وبعد ذلك طبق موى بريدج تكنيكه فى دراسة حركة جسم الإنسان.

سنة ١٨٨٧م طور E.J. Marey اختلافات تكنيك دراسة رد الفعل الداخلى بين جسم الإنسان والبيئة المحيطة به لحركة أى من أجزاء الجسم.

وباستخدام ناقل الحساسية Pneumatic Sensors وضغط الجزئية بالاتصال بالاختيارات الوحيدة قاس الضغط تحت القدم، وعجلة الرأس، والوضع الخاص للحوض. عن طريق اختيار الزمن والمدى للإشارات، لاحظ أن حركة الحوض خلال الجرى تصل إلى أعلى نقطة فى منحنى المقذوف خلال لحظة الارتكاز (كما يحدث خلال ارتكاز الجسم على رجل واحدة) وليس خلال الطيران أثناء الجرى (مثل عدم اتصال الرجلين بالأرض). وكذلك استنتج أن مرحلة الطيران فى الجرى لا تعتمد فقط على الدفع كاحساس عام للقذف وإنما يجب أن ينظر إلى التحكم فى الهبوط كما فى الوثب العالى.

وأثبت مارى Marey أيضاً طرق التصوير المنتجة عن طريق موى بريدج وبواسطة تعديل تصميم آلة التصوير لكى يستطيع متابعة حركة أى هدف عن طريق إنتاج دوران قرص التصوير، وأمكنه التصوير عند تكرار ١٢هـ.ت (12Hz.). وأخيراً طور وحسن أداء أجهزته للتصوير عن طريق إنتاج أول علامات إيجابية كينماتيكية، للخطوط البيضاء المختلفة بين المفاصل الرئيسية لنهايات انعكاس الضوء على مستوى الصورة. لتطوير ثبات الصورة وصلت الخطوات المختلفة الألوان والسوداء لتناسب ملابس الهدف. وصف كل من ويلهيلم براون Wilhelm Broun ، أوتوفيشر Otto Fischer تحسين عملية دراسة حركة الإنسان فى مجموعة منشورات سنة (١٩٨٥م).

فقد وصلا سلك طويل لإضاءة أجزاء الجسم (مثل الرأس، والعضد، الساعد، والفخذ، الساق، القدم) واستخدما ومضات كهربائية لإنتاج وميض ضوئى قصير، للتصوير فى وقت واحد بأربعة كاميرات. هذا المدخل لإعادة مصدر نظام علامة النشاط فى الوقت الحاضر يستخدم فى كثير من دراسات علم الحركة.

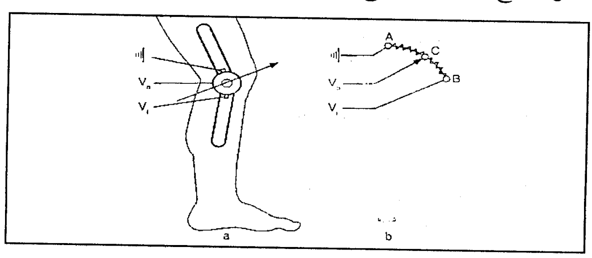
تمكن براون وفيشر من دراسة كل من الاتجاه، واشتقاق الزمن الخاص بأبعاد الأجزاء الثلاثة تحت الدراسة، عن طريق تنسيق إحداثيات الأبعاد الثلاثة للعلامات، واستخدما أسهل الافتراضات لوضع المفاصل، كما استخدما اشتقاق الزمن لتفسير المعادلات الديناميكية لأجزاء الجسم، ومعالجة كل جزء كجسم حر وتوليد أول قيم لقوى المفصل المبذولة فى خطوة المشى. وقد أشارا إلى أن تعلم هذه الاجراءات تأخذ حوالى ١٢ ساعة للمجموعة الواحدة تجريبياً، وتزيد عن أكثر من ثلاثة شهور لتحليل البيانات.

* * *

ثالثا: الجنيوميتر *Goniometers*

الجنيوميتر Goniometers اختراع صمم لقياس الدوران النسبى للمفصل تحت الدراسة.

أسهل أشكال الجنيوميتر هو مقياس الجهد الكهربى المنفرد المحور والموضح فى شكل (٢-أ، ب) خلال قياس قبض الركبة. عند قبض الساق بالنسبة للفخذ، يتحرك الذراع (C) على طول المقاومة (AB)، وبواسطة ذلك يتغير إنتاج مقاومة مقياس الجهد الكهربى، عن طريق عمل التردد الكهربى الثابت Constant Voltage الساقط والمار فى النهايات المثبتة فى المقاومة (Vi)، منتج التردد الكهربى (Vo) سوف يتغير، ويغير الممر فى زاوية الثنى (القبض) للركبة. ولوضوح مركز دوران الجنيوميتر يجب أن ينطبق على مركز دوران المفصل لإنتاج القياس الصحيح.



شكل (٢)

أ- توصيل الجينيوميتر بالساق والفخذ لقياس دوران الركبة (ب) الاشتقاق الدائرى للمقياس الجهد الكبرى: Vi يدل على التردد الكهربى المدخل Vo يدل على مخرجات الجهد الكهربى.

يبنى اختلاف التصميم على تجهيز الثنى بمقاومة الاستطالة Strain gauges إنتاج شركة بننى Pnny وجليز Giles (Blackwood, Gwent, UK). هذا التصميم لا يتطلب تخصيص مركز للمفصل ويمكن يستخدم درجة أو درجتين

من الحرية لكل مفصل، الدراسات التفصيلية لدقته، وموضوعيته، غير مقبولة حتى الآن.

مفاصل الإنسان عادة أكثر تعقيداً من المفصل ذو المحور المنفرد مفصل الركبة كمثال، شكل مساحة الاتصال الصغيرة بين عظمة الفخذ وعظمة قصبة الساق، كونت تركيبة للدحرجة والسلاسة. شكل النتوء المستدير لعظمة الفخذ يؤدى إلى دوران معقد حيث يشتمل على مركبتى التقريب والتبعيد والدوران الداخلى والخارجى، والقبض والبسط.

استخدام الچنيوميتر المنفرد المحور لدراسة دوران الركبة يظهر صعوبتين كبيرتين هما:-

١- تناقض الكلام: تداخل زاوية قياس الدوران عن طريق زاوية تكون عمودية على زاوية القياس.

٢- القيود الميكانيكية: تعديل عمل الدوران الزاوى لميكانيكية وصلة الحلقات المتجاورة بالچنيوميتر.

أول صعوبة تظهر من الحركة الصناعية لعمل الچنيوميتر عند تأخر الدوران الزاوى لدوران المرشد لدرجة الحرية.

وكمثال لإمكانية التصنيع، وصف دوران الچنيوميتر فى الشكل (٢-أ) (قياس انقباض وانبساط الركبة) كنتيجة للدوران الداخلى والخارجى لعظم الشظية بالساق. والصعوبة الثانية تظهر من قصور الچنيوميتر لمتابعة الدوران الحقيقى للمفصل. بالإضافة إلى إعاقة طبيعة الحركة وإدخال القياس الصناعى. يتطلب دقة قياس الدوران الكامل للمفصل أن يقيس الچنيوميتر كل الست درجات حرية المميزة لكل مفصل.

اكتشاف تعدد درجات الحرية وصفت عن طريق لاموريوكس Lamoreaux إيزاك Izak وچاكسون Jackson (١٩٧٧م)، سومير Sommer وميلر Miller (١٩٨١م)، ليويز Lewis، ليو Lew وشمدت Schimdt (١٩٨٨م)، وآخرون.

أول تصميم لتنظيم الچنيوميتر الذى امكنه تداخل أكثر من درجة واحدة للحرية أسس على عمل وصل متوازى الاضلاع لنقل الدورانات العمودية إلى مقياس التحكم فى الجهد الكهربى. كل تصميم دخل فيه بعض التخطيط السئ فى الدرجة الخطية والانتقالية بين مركز الدوران اللحظى للمفصل وعند قياس الجهد الكهربى، ولكن يبقى عرض نظام القياس الحساس لتوصيل الچينيوميتر. يستخدم أكثر التصميمات الحالية اتصال متابعة لقياس الجهد الكهربى منفرد المحور، وباتصال داخلى بحلقات صلبة صغيرة. عن طريق الاتصال بنهايتى حلقات الچنيوميتر بحلقات صلبة وباستخدام ست مقاييس للجهد الكهربى، متصلة داخلياً بخمس حلقات صلبة، وبإمكانها إظهار نظام قياس ست درجات حرية. يتطلب كل نظام إجراءات معايرة من أجل ربط المخرجات لكل مقياس جهد كهربى على حدة لكل قصور ذاتى أو لنظام النقاط التشريحية للجسم المرجعية.

هناك أيضاً الدراسات التى وصفت الخطأ البسيط الحادث فى نظام القياس (أقل من ١ مم فى الانتقال، أقل من١ْ فى الدورات)، لويس وآخرون Lewis et all (١٩٨٨م) سنتاى Scentay، جروود Grood، هيفزى Hefzy، بوتلر Butler ونويز Noyes (١٩٧٣م)، وهناك بعض الحدود العلمية التى منعت تلك النظم من اكتساب انتشار باستثناء الدراسات الاكلينيكية (الخاصة بالمرضى)، وهى:-

* قيست نسبة دوران المفصل كذلك بنظم لا تسمح باندماج المقياس مباشرة فى المعادلات الديناميكية للنظام المتعدد الربط. لذلك تضاف المعلومات التى نحتاجها من أجل الحصول على أحمال المفصل. يسبب تماسك اتصال الچنيوميتر مقاطع المفصل المعرض لميكانيكية القصر الذى يحدد الحركة للأنسجة الناعمة، تعديل امكانية حركة المفصل الطبيعية.

* نظام الچنيوميتر ثقيل (وبعض الوقت صعب) وصعب ترييح مختلف أحجام الأعضاء (الأطراف).

* من الصعب التحكم فى المفاصل لأنه يحيط بأكبر مساحة منها (من الأنسجة الناعمة) (مثل المقعدة) أو لأنه يشرك أكثر التركيبات يربط أصغر وصلة بالمنطقة (مثل رسغ القدم والمقعدة).

* هناك تحفظ لانعدام التأثير الخطى ومشاكل عصا الانزلاق، الركل الخلفى، وفى نظام الوصلة الميكانيكية.

* مقاومات خاصة بالمفاصل المختلفة يجب تطور (مثل جنيوميتر الاطراف السفلية لا يستخدم للأطراف العلوية (الظهر أو الرقبة).

للأسباب السابقة نظم الجنيوميتر استخدمت فى البداية من أجل الحصول على دوران بعض المفاصل بصعوبة (غالى الثمن) تقريباً أو من أجل الدراسات التفصيلية لأحد المفاصل بالتحكم فى الجلوس فى المعمل. الحاجة لقياس دوران المفصل مباشرة مع عنصر عزم الحلقة الميكانيكية انتج بواسطة جنيوميتر يقود تعاقب تطوير طرق التوليد الكهربى مثل: الاكترومغناطيس Electro-magnetic ومولد الطاقة الصوتى (السمعى) Acoustic Transduition

* * *

الفصل الثانى

أولاً: الكهرومغناطيس والإحساسات الصوتية (السمعية)

ثانياً : إعادة تركيب التصوير المسامى



الفصل الثانى

أولاً: الكهرومغناطيس والإحساسات الصوتية (السمعية) *Electromagnatic and Acoustic Sensors*

التطبيقات البيوميكانيكية للقياس الكهرومغناطيس لثلاث درجات حرية لحركة الجسم الصلب وصفه آن وجاكوبسين An Jacosen، تشاو Chao (١٩٨٨م) وأسس اختراعهما على وحدتين صغيرتين- وحدة تستخدم كمصدر والأخرى تستخدم كإحساس، وربطا كلاهما بوحدة نظام إلكترونية. يحتوى كل من المصدر والإحساس على ثلاث مجموعات من الملفات الكهربائية المتعامدة. عن طريق إدخال كل ملف كهربى فى المصدر مع إشارة مغناطيسية منخفضة بتردد متقطع، وبطارية الثلاث حالات تشحن من المصدر كريج Krieg (١٩٨٤م). هذه ثمرة مجموع الثلاث متجهات الخطية الحره التى يمكن قياسها بالإحساس حيث يحتوى على معلومات تميز بين الوضع النسبى وتوجيه الإحساس بشأن المصدر. اللوغارتم ضرورى لتحديد المتغيرات الكيناتيكية المؤسسة على الخط الصغير لزاوية الدوران تقريباً لاعتراض مسار الأهداف أعلى الفترة الزمنية القصيرة (كما يبين تعيين النقاط)

آن وآخرون (١٩٨٨م) أوجدوا اختراع دقيق يعرض على شاشة الحركة العامة للجسم الصلب حول مفصل منفرد. بينما استخدام نظام حركة شاشة العرض متعدد العدد للأجسام الصلبة ربما تتحدد بعوامل مختلفة:

* تداخل الاكترومغناطيس من اشياء معدنية فى أو قرب الجهاز الحسى يلوى الإشارة المخرجة.

* التردد النسبى البسيط والبطئ (٦٠هـ.ت)، الوصل خلال الكينماتيكا الخطية تقريباً أدى إلى إمكانية تعقب حدود سرعة دوران المفاصل بدقة.

* العدد الصغير من الحساسية (الأقصى أربع حساسية ومصدرين) يحدد عدد المفاصل التى يمكن تعقبها.

* مدى الزاوية فى أى درجة حرية دورانية حددت بزاوية ١٨٠°. طور نظام مشابه بواسطة الجمعية المسيحية التكنولوچية.

أقر بعض المخترعين الإحساسات الصوتية (السمعية) فى دراسة كينماتيكية الأبعاد الثلاثة لمفاصل جسم الإنسان كرسغ اليد اندريوز، يوم & Andrews Youm (١٩٧٩م)، كرسغ القدم سيجلر، تشين، شنيك Siegler, Chen, Schneck (١٩٨٨م)، كالركبة كوينن، موت Quinn, Mote (١٩٩٠م)، يحتوى النظام على ترتيب للإحساسات الصوتية (مثل شرارة فتح الفم Spark gaps) والترتيب على الأقل بثلاث ميكروفونات Microphones، والتى تحدد نظام إحداثى الجسم Body Coordnate System (BCS) .

تتولد الموجات الصوتية وتنقل عن طريق حساسية الانتقال خلال الهواء، وتصل عن طريق الميكروفونات. وبسبب سرعة الصوت المعروفة، النظام يمكنه حساب موضع الوصول بالنسبة للإحساسات. تثبت المصادر (أو الموصل) خلال نظام الإحداثى المعملى. حدد اتمام الأبعاد الثلاثة لموضع المستقبل (أو المصدر) فى استمرار النظام المرجعى. يمكن حساب الوضع وتوجيه النظام الإحداثى للجسم (BCS) عندما يعرف الموضع الفراغى لجميع العلامات فى الترتيب، وبهذا تكتمل الخصائص الست لدرجات الحرية (DOF) للجسم الجاسئ.

لتحقيق أفضل تحكم تجريبى، لوينز وموت (١٩٩٠م) أقرا أن الأخطاء أصغر من ٠,٠٥ْ مم فى الانتقال، ٠,٠٥ْ فى الدوران. كذلك حركة الأنسجة الناعمة اصطدمت بالدراسات الديناميكية، حيث أن الحجم النسبى، وتوجيه المصدر وترتيب حساسية الأجزاء (فى حاجة إلى خلق إشارة جيدة بالنسبة للتشويش)، وصدى الصوتيات، والاضطراب فى مجموعات الصوت، وتقديم الشرارة بواسطة تعدد الحساسية الصوتية أو حساسية المصدر مزدوجة جعلت هذا المدخل صعب التطبيق فى دراسات ديناميكية حركة جسم الإنسان لتعدد أجزاء الجسم، وعامة من أجل الصعوبات المواكبة للتطور أسهل لنا استخدام (ومعايرة) نظام قياس الجسم المتعدد، المبنى على طرق تحويل الطاقة الكهربائية، واستخدام نظم الكاميرا باتساع لقياس حركة الجسم المتعدد الأجزاء.

تُخلق الصورة عن طريق الكاميرا المصممة للتصوير فى بعدين من الثلاثة أبعاد للهدف. بالإضافة إلى أن الاعتراض على استخدام الكاميرات فى دراسة الحركة جدد موضوع الثلاثة أبعاد الذى أعطى نهضة لظهور البعدين، وهذه العملية تسمى إعادة بناء التصوير المساحى. وببساطة البعدين أفضل مثل يستخدم لعرض هذه العملية.

باعتبار النقطة (A) الهدف وكامرتين للتصوير شكل (٣) من أجل إيجاد إجمالى الإحداثيين (Ya, Xa) اللذين يعيدا تحضير الموضع الفراغى للهدف، نحن نستخدم الصور فى بعد واحد للهدف من الكامرتين، تمر أشعة الضوء المتولدة عند النقطة (A) خلال مركز عدسة كل من الكامرتين لخلق الصورة على سطح فيلم التصوير الحساس فى كل كاميرا.

هذه الصورة يمكن تميزها عند امتلاك مكان الإحداثيين U_1 فى الكاميرا الأولى، U_2 فى الكاميرا الثانية، ويمكن تحديد الموضع الفراغى للهدف عن طريق إيجاد نقطة تقاطع الأشعتين المتولدتين فى الصور والخارتين خلال مركز عدسة كل من الكاميرتين.

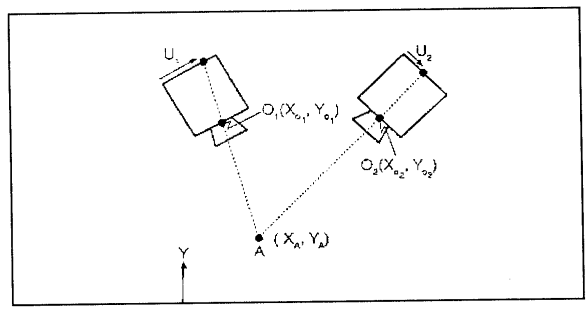
ومع ذلك إن المعلومات عن إحداثيا الصورة وموضع مركز العدسة يكونان فقط جزء من المعلومات التى تحتاجها لتحديد إجمالى إحداثيا البعدين للهدف (Ya, Xa).

يعرض الشكل (٣) تحليل لحالة البعدين التى يمكن عملها للحصول على إعادة بناء الأبعاد الثلاثة من إحداثيات مكان النقطة (Z, Y, X) لكل من الطريقتين: -

* تركيب المعلومات المتولدة من ظهور النقطة على مستوى الكاميرتين (مثل استخدام المكان- الكاميرا- الإحداثيات) (V_1, V_1)، (V_2, V_2).

تركيب الثلاث إحداثيات الخطية المستقلة من بُعد واحد للكاميرات (مثل: استخدام الوضع- الكاميرا- الإحداثيات) (V_3, V_2, V_1).

لاختصار هذه العملية الشاقة لإحداثى الصورة من الفيلم بالكاميرا استخدم إمكانية استرجاع العد اليدوى الكبير عن طريق الاختصار الاوتوماتك (الآلى) الاكترونى لهذه العمليات.



شكل (٣)

عرض مدخل التصوير المساحى ذو البعدين. وضع الصورة على كاشف الكاميرا يعطى عن طريق إحداثى مفرد. U نقطة التقاطع للخطين، وكل مسار خلال صورة الكاميرا وبعدها البؤرى، نتائج إجمالى إحداثيات العلامات Ya. Xa.

هذه الإجراءات تتطلب وصل العلامات بحركة الهدف وعندئذ تعدل العلامات فى حجم رؤية الكاميرات.

ويمكن تقسيم العلامات إلى مجموعتين: -

* العلامات النشطة- الضوء الصادر للصمام الثنائى الاكترونى Light (LEDs)emitting diodes. الذى عادة يصدر ضوء الاشعة الحمراء.

* العلامات السلبية - كشف الضوء العاكس Light reflecting devices الذى يعكس ضوء الهدف.

ومضة الضوء الصادر للصمام الالكترونى (LEds) من نظم العلامة

النشطة فى طريقة مكررة عند أى لحظة زمنية يمكن هناك أن تُكون إصداره ضوء واحدة للفة واحدة للصمام الالكترونى فقط.

عندئذٍ توحد الكاميرات الوضع الفراغى لهذه العلامة فى اللحظة الزمنية ذاتها.

تستخدم النظم السلبية العلامات التى تعكس إظهار الضوء وتظهره على شاشة عارض الفيديو بتركيز ضوئى.

يحدد الوضع الفراغى لكل علامة عن طريق (آلياً أو بواسطة المستخدم) إيضاح تركيز الضوء الذى يخص نفس العلامة البدنية، وعندئذٍ يطبق التصوير المساحى للوصول إلى عكس صورتين (أو أكثر) على العلامة.

كل المداخل للتصوير لها مميزاتها وعيوبها. نظم العلامة النشطة تتميز باختيار المستخدم لعينة أشعة وتحكم ذاتى لتحديد العلامات. ومع ذلك نظم العلامة عادة يمتلك تكرار ثابت للعينة (التكرار الكهربى لشبكة العمل)، وأيضاً بعض التحويلات الجديدة لاختيار التكرار الأعلى للعينة (حتى ٢٠٠هـ.ت). تلك الأنظمة تمتلك عدم تقيد الهدف (الشخصى) باسلاك. حيث أن العلامات لا تتطلب أى قوة إدخال. كذلك، هذه العلامات تعمل على عدم نقل خطأ عدم قدرة مساعدة الإظهار الضوئى على الكامرتين (أو أكثر) من خلال العلامات البدنية التى تنشأ تلك الاظهارات (العروض) وتكون هذه العينة عالية التردد. تحت هذه الظروف القياسية المتداخلة الاكثر استخداماً، ربما يتطلب تحليل أى أخطاء فى التعرف الطبيعى (البدنى) على العلامات.

عندما تتعرف الكاميرات على العلامات المعروضة، يمكن الوصول إلى التصوير المساحى لتطبيق حساب الإحداثيات الفراغية للأبعاد الثلاثة لكل علامة. كما شرحنا سابقاً، هذه الإجراءات تتطلب المعرفة بالبيانات البصرية للعدسات فى كل كاميرا، مثل طول البعد البؤرى Optical Parameters of Lenses Focal Length للعدسة، موقع المركز البصرى. هذه البيانات يمكن أن تكون صعبة القياس وغير ممكنة عامة فى معظم الكاميرات.

وأكثر من ذلك عدم استقامة العدسة، والتشويش الالكترونى فى الدائرة التى تقيس إظهار المنطقة المعتمة التى تنشئها العلامات على جهاز تقويم التيار للكاميرات. كذلك إن دقة أى تحليل لإعادة بناء وضع الأبعاد الثلاثة للعلامة سوف يتعذر الحصول عليه.

معظم المحاولات التى استخدمت فى حساب الإحداثيات للأبعاد الثلاثة للعلامة أسست على الانتقال الخطى المباشر direct Linear Transfoarmation (DLT) عبد العزيز Abdel Aziz وكارارة Karara (١٩٧١م). هذا البناء اللوغارتمى (الرمز الحسابى) يمكنه اختصار مجموعتى المعادلات الخطية إلى أقل من ١١ معلمات Parameters حيث تميز المعايرة، والوضع، اتجاه الكاميرا المنفردة. كل مجموعة يمكن رؤيتها كإجراء مصور لاحداثيين للصورة لاكتمال الثلاث إحداثيات للعلامة. ولأن هناك معادلتين فقط وثلاثة غير معلومة، ومتطلبات مجموعة المعادلات الأخرى، أضيفت هذه المعلومات عن طريق عمل كاميرا ثانية.

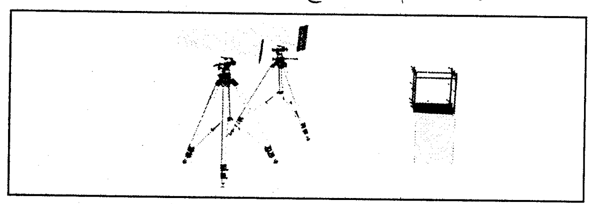
البيانات المصنعة من نتائج الكاميرتين فى أربع معادلات تمتلك ثلاث احداثيات فراغية للعلامة غير المعلومة.

المعادلة الزائدة يمكن استخدامها كإضافة لمصدر المعلومات، وتطبيق تكرار هذا التنسيق سوف يقرب تقدير أفضل لموضع العلامة.

تحديد بيانات الكاميرا ضرورى لإعداد الحساب اللوغاريتمى كمطلب لإجراء المعايرة. هذه الخطوة أدى استخدامها كمجموعة قبل معايرة العلامات، وطبعاً وصلت إلى معرفة أماكن الكادر الثابت، مجموعة الكاميرتين استخدمت لنفس معايرة الكادر الموضح فى الشكل (٤). كل علامة تعمل مجموعة واحدة من معادلتين. إجمالى الإحداثيات للعلامة معروفاً، وإحداثيات الصورة قيست عن طريق الكاميرا. ولأن المعادلات خطية (تولد ١٢ معادلة حره) يتطلب تحديد بيانات الكاميرا كحد أدنى ٦ علامات من أجل

إقلال الأخطاء وعمل درجة زائدة لتفاعل تحديد البيانات، يستخدم علامات أكثر غالباً عند اكتمال إجراء المعايرة لكلا الكاميرتين، تخزن البيانات واحداثيات الصورة ويمكن عندئذ التحول إلى إجمالى الإحداثيات للعلامة. من المحتم عدم تغير المكان الفراغى واتجاه الكاميرات خلال إجراء التصوير (التجربة)، أى تعديل لموضع أو اتجاه الكاميرات يتطلب إعادة المعايرة.

إعادة التركيب الفراغى للعلامة المقررة تدل على الخطوة الأولى لتحديد ست درجات حرية للجسم الصلب مع قوة استمرار النظام المرجعى.



شكل (٤)

عرض نظام مجموعة كاميرتين ومعايرة مكعب فى مركز رؤية الجسم

عن طريق التعرف على ثلاث علامات غير مستقيمة على الأقل على الجسم الصلب، يمكنها تأسيس أو إنشاء موحد لوضعها واتجاهها فى الفضاء. هذا المدخل طوره Mit وحديثاً وصف كل من آنتونسون Antonsson، مانن Mann (١٩٨٩م)، رويل Rowell، مانن (١٩٨٩م) تركيبات الأجسام الصلبة الصغيرة (أشار إليها كترتيبات) والتى تحتوى على علامات متعددة مثل، أكثر من ثلاث علامات غير مستقيمة) متصلة بحلقة الشاشة. عند كل وصلة تتحرك خلال الفضاء، يؤدى ترتيب الجسم الصلب الى تحكم الشاشة فى مكان حركة الجسم تحت الدراسة. برامج الحاسب الآلى المسماة TRACK (وزعت عن طريق Newton, Osteokinetics (USA, MA) لحساب الانتقال الفراغى واتجاه ترتيب ووصف حركة الجسم بقوة استمرار الكادر المرجعى، لتحديد دقة الخصائص الكينماتيكية الكاملة لنتائج كينماتيكية المفصل المتصل بحلقتين،

يعطى الدوران الصحيح للمفصل عن طريق الدوران النسبى للحلقة الاولى بالنسبة للحلقة الثانية لأن حركة كل حلقة يتم وضعها فى نظام مرجعى مستمر وهكذا يمكن إتمام الأبعاد الثلاثة لتحديد دوران المفصل بدون إعاقة الحركة الحادثة للمفصل وبالدقة التى تعتمد فقط على دقة إعادة التركيب الفراغى لكل علامة على حدى. هذا المدخل نجح استخدامه فى كلا الأنظمة (لارن Learn، فلورز Flowers و ميزنر Messner ١٩٨٩م) النشطة والعاكسة.

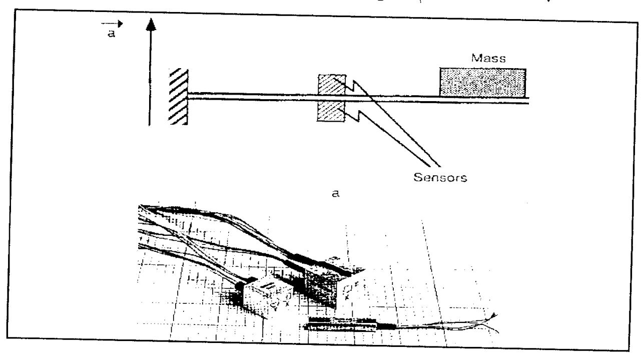
الفصل الثالث

أولاً: مقياس التسارع
ثانياً : تقديرات القوة الديناميكية
ثالثاً : الاستخلاصات والملخص والمراجع

الفصل الثالث

أولا: مقياس التسارع *Accelerometers*

مقياس التسارع اختراع أو اكتشاف صغير يقيس العجلة أو التسارع. أساس عمله عرض فى الشكل (b,a - o) وصلت كتلة صغيرة بواسطة دعامة (كمرة) خشبية لتحرك الجسم. عند تسارُع الجسم، تنحرف الدعامة. وكمية الانحراف تكون مرتبطة بتسارع الكتلة. مجموعة جهد المقاومات -Strain qaug es المتصلة بالدعامة تستخدم لنقل انحراف الدعامة إلى إشارة كهربية.



شكل (٥)

(أ) الوصف الخارجى للأسس العملية لمقياس التسارع. عندما يتسارع الجسم (بعجلةá) يشير السهم إلى الاتجاه، تتصل الكتلة الصغيرة بعارضة التسارع وتسبب انحراف يقاس عن طريق ناقل حساسية (مقاومة الاجهاد، أو مقياس مرونة السوائل الالكترونى). (b) مجموعة مقياس التسارع الثلاثى المحاور.

هذه المعلومات تصنع من زجاج السليكون، ويسمح بالحد الأدنى الحسى (ناقل الحس) إلى تقريباً ١سم فى الحجم - تقيس الأبعاد الثلاثة للعجلة الثلاث إحساسات التى محاورها الحسية متبادلة التعامد، ومركبة على شكل مقياس تسارع ثلاثى المحور الصغير.

من خلال ظهور حلول السليكون والتقدم الكثير فى مصنع اكتمال الدوائر، امتلك هذا التصميم أكثر فرصة للحد الأدنى وإعداد قطع السليكون (Icsensor, Mibitas CA. USA). يتكلف مادياً سليكون مقياس التسارع هذا أقل من مقياس التسارع.

فى المستقبل، الحالة الالكترونية سوف تجهز الإحساسات ذاتياً، والتى سوف تقلل التشويش وأسلاك الكهرباء المساعدة خلال إنتاج مقياس التسارع.

الميزة الأولى لهذه المرحلة لمقياس التسارع اتساع تكرار الشريط، لتغطية المدى من صفر إلى ١٠٠٠هـ.ت. مقياس التسارع أيضاً يتجاوب مع مجال الجاذبية الأرضية، بالإضافة إلى أن مخرجاته تدل على مجموع متجه العجلة الكينماتيكية وعجلة الجاذبية. اختلاف نوع مقاييس التسارع ظهرت عن طريق اكتشاف مقياس مرونة السوائل الاكترونى Piezoelectronic (Kistler Instrument, Winterhur, Switzer land).

استخدمت تلك الاكتشافات مقياس مرونة السوائل الكرستالى الالكترونى كناقل حسى وبالإضافة إلى حساسية ثبات العجلة. لذا، فهم لا يتأثروا بواسطة مجال الجاذبية، ولذا فهم أيضاً حساسين للعمليات الكينماتيكية البطيئة لدرجة أن حدوده تستعمل فى قياسات علم الحركة.

اكتمال زمن إشارة العجلة تعطى سرعة لتخزين النقطة التى اتصلت بها مقياس التسارع. يمتلك هذا المدخل للحساب ميزة إقلال تكرار التشويش العالية التى تخرج من معظم القياسات وبالإضافة لذلك سوف تنتج تقديرات واضحة للسرعة بالمقارنة للتقديرات المتولدة من المسار الهندسى للهدف المختلف لأى علامة متصلة بنفس النقطة. واكتمال الزمن الثانى سيقودنا الى موضع إزاحة هذه النقطة، تبادل عمل الجهد الكهربى للقياس بواسطة هذا المولد أكثر تكلفة، لوضع نظام القياس.

بعض القيود العملية لمنع انتشار استخدام مقياس التسارع هى:-

* تحديد حالات القصور الذاتى للأجزاء.

* تأثير مجال الجاذبية الأرضية.

* الحاجة إلى التعرف على درجات حرية دوران الأجزاء.

* الانحراف المنخفض لتيار مخرجات مقياس التسارع.

يتطلب استخدام مخرجات مقياس التسارع لحساب وضع وسرعة الإجراء معرفة عن قيم القصور الذاتى لتلك المتغيرات.

ولأن هذه القيم لا يمكن تحديدها عن طريق مقياس التسارع، يجب على الباحثين إما أن يستخدموا نظم قياس مختلفة أو ببساطة يسلموا بهذه القيم. تأثير الجاذبية يمثل تحفظ آخر: إن إظهار قياس العجلة متجه جمع الجاذبية والعجلة الكينماتيكية، يحتاج إلى معلومات إضافية لوصف اتجاه الإجراء فى مجال الجاذبية الأرضية لاكتشاف العجلة الكينماتيكية.

* * *

ثانيا: تقديرات القوة الديناميكية *Dynamic Force Estimates*

تحليل ديناميكية المفصل (كإنتاج قوى وعزوم المفصل عن طريق العضلات فى التفاعلات التى يعطيها لنشاط الهيكل العضلى) يكتمل بعمل مشتق من المعلومات الكينماتيكية الدقيقة. تقدير ديناميكية المفصل يبنى على حركة الوصلات المفصلية المتداخلة فى حل المشكلة الديناميكية المضادة. تتطلب العمليات الحسابية معلومات عن عجلة الوصلة الخطية والسرعة الزاوية والعجلة الزاوية، لذلك اكتمال مجموعة حساب قوى المفصل وعزومه مسئوله من حركة الشاشة.

لادين وى Landin Wu (١٩٩١م) قرر المدخل الذى يقيس مركب الوضع والعجلة. هذه العملية أسست على اكتمال ناقل الحساسية الكينماتيكية (IKS) Integrated Kinematics Sensors، ترتيب الأجسام الصلبة يشتمل على علامات لقياس الموضع (الذى يتحكم فيه عن طريق نظام Watsmart op-teoelectornic System فى استعمال لادين وى)، مقياس التسارع الثلاثى المحاور للقياسات المباشرة لعجلة الاجزاء. استخدم وضع واتجاه وترتيب

الأجسام الصلبة فى نظام إحداثى المعمل لإنشاء الاتجاه اللحظى لمقياس التسارع فى مجال الجاذبية. هذه المعلومات استخدمت لطرح تأثير الجاذبية من مخرجات مقياس التسارع، وناتج الطرح هو العجلة الخطية (المشتق الثانى لزمن متجه الوضع). هذه القيمة، عندما تستبدل بالمعادلات الديناميكية التى تصف حركة الجسم الصلب، تنتج تقديرات قوى المفصل.

اختير النظام فى درجتين حرية لميكانيكية البندول، حيث قورنت مقاديرة بقوى المفصل المقاسة مباشرة عن طريق ترتيب جهد المقاومات. تقدير القوى مبنى على قياسات العجلة المطابقة جداً للقيم المقاسة. أمكن اكتمال التقدير ليس فقط عن طريق نقل الرسم تأسيساً على الزبذبة ولكن باختزال كل الترددات العالية للزبذبات التى لوحظت بقياس جهد المقاومات. قدر الخطأ فى التقديرات بأقل من ٢٪، ثقة ودقة فى تقدير القوى الفعلية للمفصل. توليد تقدير القوة بسرعة عن طريق مقاييس الوضع (مثل استخدام مقاييس الوضع لتقدير عجلة الأجزاء، وتقدير العجلة لحساب قوى المفصل)، مع أعلى تنسيق للتنقية، تأسس الترددات المنخفضة للزبذبة للتحكم فى اختزال استخدام ٥هـ.ت، منخفض للمرور بالمنقى، ولكن هذا القطع للتردد يصنع تقديرات أكثر تشويش، والتى تلازم إجراء كل من عمليات التقدير.

وصف إتمام ناقل الحساسية الكينماتيكى فى دراسة لادين وى، كانت مصممة لتحسين نوعية تقديرات قوة المفصل التى أسست على تحليل المشاكل الديناميكية المضادة. مقارنة بين قياس قوة المفصل بواسطة جهد المقاومات بالتقديرات التى أسست على تكامل ناقل الحساسية وتلك المؤسسة على قياسات الوضع منفرداً أوضحت بوضوح التعرف على أنه تم تحديث لقياسات الوضع والعجلة. العلاقة وثيقة بين تقدير القوى وتصور قياسها بواسطة إتمام الثلاث مكونات التى اشتملت عليها مثل التقدير، ويعنى دقة قياسات الوضع، تحليل كينماتيكية الجسم الصلب الذى يستخلص من الست درجات حرية للحركة فى الفضاء، واستخدام هذه المعلومات لمعايرة ديناميكية قياسات العجلة لمقياس التسارع الخطى، ويمكن للفرد الحصول على أفضل التقديرات غير المتوقعة لقوى المفصل.

ثالثا: الاستخلاصات والملخص *Summrey and Conclusions*

اختيار نظام القياس لدراسة حركة جسم الإنسان يتطلب عناية فائقة لطبيعة الحركة، والبيئة المحيطة بهذه الحركة المؤداة، وخصائص نظام القياس. بعض التكاليف العالية لأكثر النظم العامة عادة تعنى أن شراء النظام للمعمل يكون على أمل أن يمكن استخدامه فى الدراسات المختلفة، ومن أجل عمل أنسب نظام قياس للاستخدام، يجب محاولة تصميم معظم متطلبات الدراسات كنظام يمكن استخدامه.

بعض العوامل التى يجب وضعها فى الاعتبار تشمل: -

* مدى الحاجة إلى تكرار إتقان الوصف المعطى للنشاط البدنى. (مثل المشى Walking، العدو Running أو الوثب Jumping).

* طبيعة المتغيرات البدنية المقاسة (مثل الوضع Postion والدوران Rota-tion، العجلة Acceleration).

* البيئة الخارجية التى يؤدى فيها النشاط (مثل معمل طبى ساحات الألعاب الأولمبية).

* عدد الأطراف أو المفاصل تحت الدراسة.

* الحاجة إلى دقة ووضوح المقياس.

* طبيعة تبادل العمل المستخدم والحاجة إلى تشغيل النظام.

البيانات الفنية المتخصصة، اختيار خصائص النظام يمكن التقدم بها عن طريق اختبار تلك النظم المقنعة.

يعتمد التحديد النهائى لأفضل نظام على الإمكانات المالية.

* * *



1 - Abdel- Aziz, Y.I., & Karara, H.M. (1971). Direct Linear Transformation From Comporator Coordinates into object Space Coordinates in close rang Photogrametry, Range of the Symposium on close- Range Photogrametery (pp., 1-18), Falls Chwch, VA: American Society of Photogrametry.

2 - An, K.N., Jacobsen, L.J. & Chao, E.Y.S (1988). Applecation of Magnatic Tracking device to Kinesiologic Studies, Journal of Biomechanics, 21, 613- 620.

3 - Andrews, J.G., & Youm, Y. (1979). Abiomechanical investigation of Wrist Kinematics. Journal of Biomechanics 12, 83- 89.

4 - Antonsson, EK., & Mann, R.W. (1989). Automatic 6- d. o.f Kinemetic Trajectory acquisition and analysis, Jornal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, III, 31- 39.

5 - Broune, C.W. & Fischer, O. (1987). The human gait. (P. Marquet & R. Furlong, Trans.). Berlin: Springer- Verlag. (Original Wark Published in 1895).

6 - Hayes, W.C. Gran, J.D, Naqurka, M.L. Feldman, J.M. & Oatis. C. (1983). Leg motion analysis during gait by Multiaxial accelerometry: Theoretcal Foundations and Preliminary Validations. Journal. of Biomechanical Engineering 105, 283- 289.

7 - Krieg, I.C. (1984). Afeedback Mechansim For Use in Paralegic Stimulation Techniques, In Proceedings of 2nd International Conference on Rehabilitaion Engineering (pp. 313- 314).

8 - Ladin, Z., Flowers, W.C. & Messner, W. (1989). Aquantitative Com-

parison of a Position Measure Ment. System and Accelerometry. Journal of Biomechanics, 22. 295- 308.

9 - Lading, Z., & Wu. G. (1991). Combining Position and acceleration Measrements For Joint Force estimation. Journal of Biomechanics. 24 (12), 1173- 1187.

10 - Lamoreaux, L. (1971). Kinematic Measurements in Walking, Bulletin of Prosthetic Research, BPR 10- 15, 3- 84.

11 - Lewis, J. L., Lew, W.D., & Schmidt, J. (1988). Description and error evaluation of an in vitro Knee Joint Testing System. Journal of Biomechanical Engineering, 110. 238- 248.

12 - Marey, E. J. (1873). Animal Mechanism: Atreatise on terrstrial and aerial Lacomotion. New York: Appleton. Republished as Vol. XI of the international Scientific Serise.

13 - Marris, J. R. W. (1973). Accelerometry- A technigue For the Measurement of human body Movements. Journal of Biomechenics, 6 (6), 729- 739.

14 - Muybrichge, E. (1887). Animal Locomotion Reprinted in Brown, L.S. (Ed) (1957). Animal in Motion New York: Dover.

15 - Quinn, T.P, & Mote. C.D. (1990). Asix- deqrees- of- Freedom acoustic transdur For rotation and Translation Measurements across the knee, Journal of Biomechanical Engineering, 112 (4), 371- 378.

16 - Rowell, D., & Mann, R.W. (1989). Human Movement analysis. SOMA- Engineering For the Human body, 3(2), 13- 20.

17 - Seemann, M.R., & Lustick, L. S. (1981). Combination of accelerometer and Photographically derived Kinematic Variables defining three- dimensional rigid body Motion. SPLE- Biomechanics cinimatography, 291, 133- 140.

18 - Siegler, S., Chen, J. & Schneck, C.D. (1988). the three- dimensinal kinematics and Flexibility Characteristics of the human ankle and Subtalar Joints- Part 1: Kinematics. Journal of Biomechanical Engineering, 110, 364- 373.

19 - Sommer, H.J, & Miller, N. R (1981)A technique For the Calibration of unstrumented Spatial linkages used for biomechanical kinematics 14, 91- 98.

20 - Suntary, W.J., Grood, E.S., Hefzy, M.S., Butler, D.L., & Noyes, F.R., (1983). Error analysis of a System For measuring threedimen. Sional Motion. Journal of Biomechanical Engineering, 105- 127- 135.

21 - Townsend, M.A., Izak, M., & Jockson, R.W. (1977). Total Motion Kneegoniometry. Journal; of Biomechanics, 10, 183- 193.

الباب الثانى

قواعد إعادة تركيب الأبعاد الثلاثة

Bases of Three- Dimensional Reconstruction



الفصل الأول

أولاً : نظم الإحداثيات الفراغية
ثانياً : تكنيك إعادة التركيب
ثالثاً : الكاميرا الثابتة

بدأ الكثير من التسجيلات البيوميكانيكية لحركة الإنسان فى الأبعاد الثلاثة من خلال بيانات الحاسب الآلى، عن طريق تصوير آلات التصوير ذات السرعات العالية أو الثابته، وآلات تصوير الفيديو أو نظام التصوير بالأشعة ويعتبر الاكثر انتشاراً لنظم البيانات بالحاسب الآلى. ويمكن تحديد التوافق الخاص لنقاط الهدف أو علامات الجسم باستخدام أسس التصوير المساحى بالرغم من اختلاف الحد الأدنى للإحساس أو الرؤية.

وقد خصصت نقاط الهدف لإمكانها تحديد وتخصيص كل رؤية (منظر) وعدم تداخل كل منها أو تلاصق أسطحها أو تداخل العلامات الأرضية.

وعُرف التصوير المساحى عن طريق الجمعية الأمريكية للتصوير المساحى، وهو فن، وعلم، وتطبيق علمى للحصول على معلومات صادقة عن طبيعة الأشياء والبيئة المحيطة بها خلال عمليات التسجيل، والقياس وطبع الصور الداخلى، ونماذج تسجيل إشعاع الطاقة الكهرومغناطيسية Radiant electro-magnatic energy

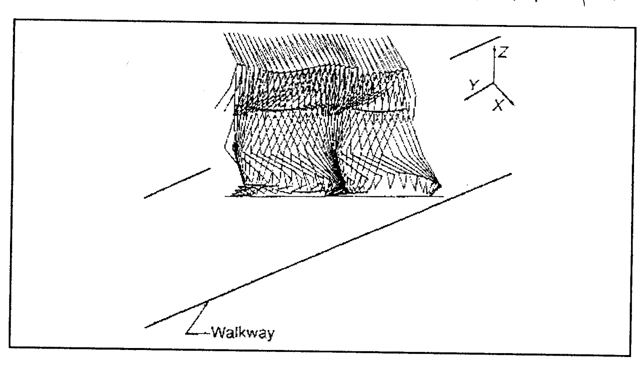
والنظريات الأخرى عن وولف (Wolf ١٩٨٣م)، من خلال التصوير المساحى، يُكون القياس ووضوح التصوير المساحى مجالين مختلفين، يتكون قياس التصوير المساحى من مقاييس محكمة من التصوير ومصادر أخرى لتحديد الأوضاع النسبية للنقاط والعلامات. ويشمل توضيح التصوير المساحى على استخدام نظم التحليل لتنظيم وتحديد علاقات الأشياء. تشمل الحركة الذاتية تنظيم وتحديد علامات الأشياء، كما يحدث ذلك فى إعادة تنسيق الأبعاد الثلاثة.

يغطى هذا الفصل أسس تكنيك إعادة تركيب الأبعاد الثلاثة، فمثلاً الطرق الكلاسيكية Classical Methods فحصت كخطوتين لإعادة تركيب التكنيك، وفى الآونة الاخيرة طريقة الانتقال المباشر فى الحركة الخطية the Di-rection Linear Transformation (DLT) أصبحت أكثر انتشاراً. كما بحثت مصادر الخطأ من الأنواع المختلفة لآلات التصوير، وعدسة الكاميرا، ومعايرة الأهداف.

* * *

أولاً: نظم الإحداثيات الفراغية *Spatial Coordinate Systems*

يتطلب تحليل الأبعاد الثلاثة نظم إحداثيات متعددة. فعند التحليل فى المستوى الأفقى، يوجد قياساً ثابتاً أو نظام إحداثى Fixed Coordinat System (F.C.S) كما فى شكل (٦) حيث حسبت علامة إحداثيات الجسم. ويجب أن تتجنب محاور النظام الإحداثى تداخل أنظمة الإحداثيات التى تحدد حركة المفاصل. ويمكن تحديد موضع المصدر الأصلى عند أى نقطة عملياً فى المعمل. أى وضع أو نسبة نظام إحداثى Local Coordinate System (L.C.S) يمكن وضعها على حركة أجزاء الجسم. فمثلاً: بحث الوصف الكينماتيكى للطرف العلوى عند وضع نظام إحداثى، يمكن تحديد وضع الكتف خلال كل من الطرف العلوى الداخلى فى الحركة. وعندئذٍ علامة النظام الإحداثى للجسم تحسب بالنسبة لهذا الكتف.



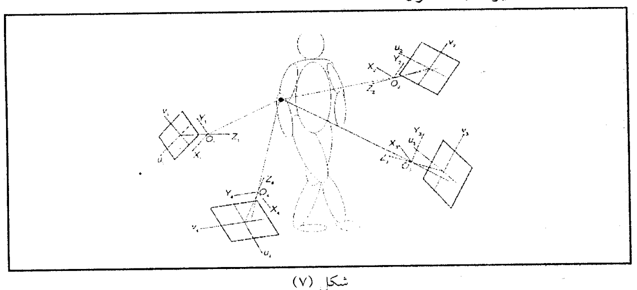
شكل (٦)

النموذج التخطيط« لحركة مشى الفرد من اليمين الى الشمال أصل (مت) نظم الإحداثيات يمكن وضعه عند أى نقطة متداخلة فى المعمل. وتحدد المحاور تبعاً لقانون اليد اليمنى. والتسلسل العمودى والاتجاه يتبع المحور Z, Y، ويكون المحور X فى الاتجاه المتعامد على المستوى YZ.

وكذلك علامة السرعة والعجلة بالنسبة للكتف ولا يمكن أخذ ذلك فى الحساب المطلق لإزاحة الكتف بالنسبة لوضع النظام الإحداثى الثابت وبالأخص فى المعمل.

يتطلب بناء الابعاد الثلاثة منظر أو منظرين أو أكثر للشخص ويمكن تصوير هذه المناظر بالفيديو، أو بكادرات آلة التصوير وهكذا. كل منظر له آلة تصوير للنظام الإحداثى الخاص به Camera Coordinate System (CCS) أسست على أساس استنباط التصوير.

ويعرض الشكل (٧) نظام احداثى لأربعة كاميرات فيديو (CCS) حيث يحدد اتجاه المحور الإجبارى Z اتجاه المحورين Y, X الأفقى والرأسى نسبياً، عندما يكون تصوير الكاميرا فى مستوى المصدر Oi (حيث أن i رقم الكاميرا) يحدد عند النقطة البؤرية لكل كاميرا، تصميم نظم الإحداثيات هذه على الصور لتكوين نظام إحداثى للصورة Image Coordinate System (ICS) والذى يكون أصل لنقطة الأساس، والتى تجمع من خلال البعد البؤرى للعدسة. وبالتسليم بأن الصورة تكون مستوية، بحذف محور واحد والمحورين الآخرين يرمز لكل منهما بالرمز Vi، Ui على التوالى، لتجنب التشويش بين نظم إحداثيات الكاميرا أو الصورة.



شكل (٧)

نظام الأربعة كاميرات عندما تحدد صورة جميع علامات الجسم فوق نظام توافق كاميرات التصوير، ويرمز له بالرمز (CCS) على بؤرة عدسة كل كاميرا.

ثانيا: تكنيك إعادة التركيب *Reconstruction Techniques*

منذ تحديد نظم الإحداثيات تستخدم المعادلات لتحديد إحداثيات نقطة الهدف من إحداثيات صورته. (فى تحليل خطوة المشى، نقاط الهدف تكون أسهل سلبياً أو إيجابياً للعلامات التى تحدد العلامات التشريحية الخاصة).

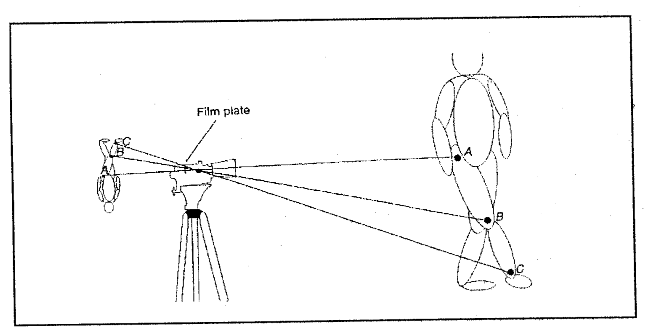
هذه المعادلات تنسب إلى البيانات الخارجية (مثل الاتجاه الخاص بالكاميرا) والداخلية، مثل خصائص العدسة أو نوع الكاميرا، ونقطة الهدف أو وضع العلامات. طورت طرق المعادلات والتحليل من أجل استخدام الكاميرا المتحركة والثابته. تمت الابعاد الثلاثة لخطوة المشى بكاميرا ثابتة وبمواجهة الهدف. أو فى مجال التصوير، أو نظم آلات الرؤية، مثل الدليل الذاتى للتأمل Self- guided Vehicles، الكاميرا تكون محمولة على حامل وتتحرك بطوله، عندئذ تؤخذ قمة إزاحة الكاميرا فى الحساب. يتأسس مستوى إنتاج المقياس الضوئى على دقة المعلومات عن البيانات الخارجية والداخلية للكاميرا، أى خطأ فى أى من تلك البيانات يتبعه خطأ فى قيمة الاحداثيات. وبالرغم من ذلك هذا التكنيك يصبح جيداً جداً عندما تستخدم كاميرات قياسية صممت من أجل التصوير المساحى المجسم Stereo- Photogrammetry وعندما تأخذ كل كاميرا وضع خاص ويحدد اتجاهها بدقة.

ثالثا: الكاميرات الثابتة *Fixed Cameras*

تكنيك إعادة تركيب الأبعاد الثلاثة بالنسبة للكاميرات الثابتة يمكن أيضاً استخدامه بأكثر من كامرتين للتصوير- تأسيس مستوى التكنيك على استخدام صورتين- وأى صور إضافية تستحدث باستخدام كاميرا فى تركيب زوجى - لذلك، الثلاث صور تكون ثلاث أزواج بينما الأربع صور تصنع ٦ أزواج وهكذا. هذه الإمكانية تحصل منها على صورة جيدة بالسرعة العالية للتصوير السينمائى أو التصوير بالبديو. خلال التصوير بالبديو الصورة المزدوجة يجب أن تكون فى تزامن واحد. بالإضافة لذلك حركة أى كاميرا مفردة يمكن أيضاً استخدامها إذا كان الهدف فى محطات متناسبة، كما فى تتابع التصوير.

من أهم أساسيات التحليل بالتصوير المساحى أن تكون الحالة فى إستقامة واحدة. يعرض الشكل (٨) تجهيزات نقطة الهدف أو النقطة المعلومة وهى المطابقة للصورة من الخط المستقيم المار خلال مركز عدسة التصوير. (أسهل مثل لذلك آلة التصوير ذات الثقب (Pinhole Camers) عندما تقابلنا هذه الحالة عندئذٍ يمكن تطبيق العلاقات الهندسية وحساب المثلثات لتحديد الوضع الخاص للهدف أو للعلاقة. فى الشكل (٨) نقاط الهدف C, B, A وضعت على نفس الخط المستقيم المطابق لصورة النقاط c,b,a تطورت المعادلة فى حالة الاستفادة الواحدة من نفس العلاقات المثلثية وعرضت، تفاصيلها فى الكتاب المنهجى لولف (١٩٨٣م) Wolf's text book عن التصوير المساحى photogrammetry.

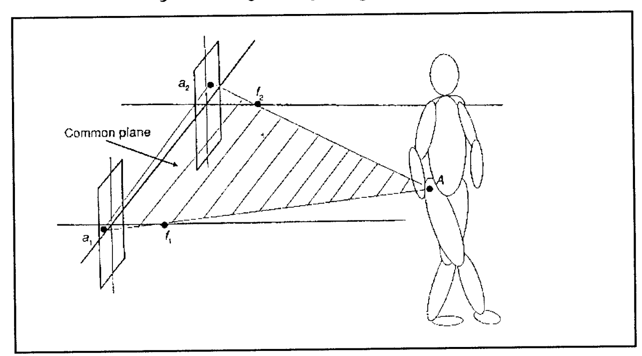
وبنفس الأهمية تكون حالة المستوى الواحد، والذى تتطلب أن تكون نقطة الهدف A مطابقة للصورة المزدوجة A_2, A_1، كما فى مركز عدسة التصوير للكاميرا F_2, F_1، الموضوعة على المستوى المشترك (انظر الشكل٩)، حيث أن ارتباط نقطة الهدف تكون بصورتها فى حالة المستوى الواحد، وسلسلة الصور فى حالة المستوى الواحد (صورتين على الأقل) تكون مرتبطة



شكل (٨)

متطلبات تصوير الأبعاد الثلاثة فى حالة الخط المستقيم عن طريق علامات مفاصل الفخذ والركبة ورسغ القدم C, B, A ومطابقتها لصورها عند المركز البؤرى لعدسة كاميرا التصوير.

بنقطة الهدف. ومن خلال هاتين الحالتين يتطلب الأمر إحداثيات فراغية تمكننا من التحليل عند إعادة التركيب من الصور المأخوذة (المحضرة).



شكل (٩)

عرض حالة المستوى الواحد والتى وضعت فيها علامات الجسم فى المستوى المشترك وشكلت عن طريق تطابق أوضاع التصوير والمركز البؤرى لعدسة كل كاميرا

الفصل الثانى

أولاً : التكنيكات الكلاسيكية لإعادة التركيب

ثانياً : التكنيكات المتداخلة لإعادة التركيب



الفصل الثانى

أولا: التكنيكات الكلاسيكية لإعادة التركيب *Classical Reconstruction Techniques*

كانت معظم الأساليب الفنية السائدة تنطلق من الأساليب الفنية الكلاسيكية. ويقودنا الفهم الأفضل للمدخل الأساسى للمجال العلمى الى الادراك الأفضل. معظم معادلات الأبعاد الثلاثة مشتقة من حالة المستوى الواحد، والمعادلة الأساسية لمجال التصوير المساحى مطابقة لتلك المعادلات المستخدمة فى تحليل حركة الإنسان. والاختلاف فى كون أن المحور البصرى عادة يكون موازى فى حركة جسم الإنسان فى المعمل أكثر من العمودى كما فى مجال التصوير.

خطوات التصوير المساحى المجسم Sterco- Photogrametric عرضت فى شكل (١٠) بنفس المسافات المعطاه من أجل عرض الأهداف المسلمة الهامة هى أن البيانات الخارجية للكاميرا معروفة وأن علبة الفيلم وضعت فى نفس المستوى. ويعنى هذا أن المحور البصرى موازى وعمودى على مستوى الفيلم (علبة الفيلم).

المحورين Ui، Vi متصلان بالنقطة الأساسية للفيلم، Pi، المحور البصرى لكل كاميرا مر خلال المركز البؤرى للعدسة وينضم بالنسبة للنقطة الأساسية للكاميرا، النظام الإحداثى الثابت (fixed Coordinate System)(FCS) يتحكم فى المجموعة عند المركز البؤرى لعدسة الكاميرا (١) عند Oi، والكاميرات تكون منفصلة عن المسافة الرئيسية، Bi بمقدار ١,٢٠٠ متر. ويكون طول البعد البؤرى ٠,٣٠٠ متر وفى هذا المثال الإحداثيات لأى نقطة هدف، A (٠,٦٠٠، ٠,٣٠٠، ١,٣٠٠، ٠) محسوبة بالمتر كما فى Oi.

وهذه هى الخطوة الأولى لأى معرفة. وهذه الخطوة تمكن من تحديد التحليل عن طريق تطبيق المعادلة التالية، هارلليرت Harllert (١٩٦٠م):-

$$Xi = (B. Ui) / p \,.\,.\,.\,.\,.\,.\,.\,.\,.\,.\,(1)$$

Yi = (B. C) / p . . . . (2)

Zi = (B. Vi) / p . . . . (3)

حيث أن U2 - U1 = P وتستخدم لتصحيح انحراف الرؤية فى النظام الإحداثى Oi المستخدم لتلك المعادلة، وإحداثيات الهدف يكون كما يلى:-

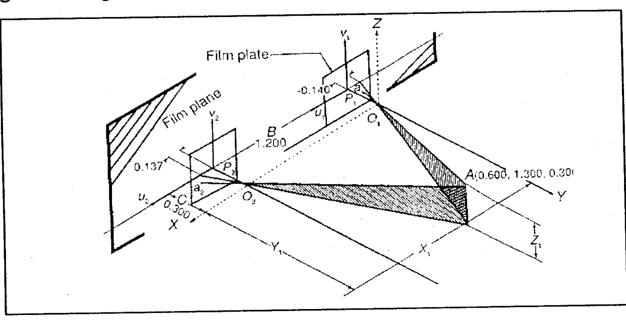
iX = (١,٢٠٠ × ٠,١٤٠) ÷ (- ٠,١٤٠ - ٠,١٣٧) = ٦٠٦٥٠ ,٠مم

iY = (١,٢٠٠ × ٠,٣٠٠) ÷ (- ٠,١٤٠ - ٠,١٣٧) = - ١,٣٠٠٠م

iZ = (١,٢٠٠ × ٠,٦٩٠) ÷ (- ٠,١٤٠ - ٠,١٣٧) = - ٠,٢٩٩٠م

كذلك أصبحت الحسابات بسيطة تماماً لاكتساب تكنيك لمقياس دقة موضع الكاميرات. أيوب، أيوب ورامزى (١٩٧٠م) Ayoub, Ayoub and Ramsey وصفوا بالتفصيل نظام تصويرهم وجميع المساعدات كتصحيح الإجراءات لتحديد المسافة الرئيسية، والنقطة الرئيسية وانحراف العدسة.

الأن قانون انحراف العدسة مجهز ليناسب التصوير المساحى المجسم بسرعات عالية بكاميرات الفيديو. ولكن نحن ننصحك بفحص العدسة من



شكل (١٠)

الخطوات الأساسية للتصوير المساحى المجسم من خلال توازى المحور البصرى فى كل منها. الكاميرا الأساسية ١,٢٠٠ متر و البعد البؤرى للعدسة ٠,٣٠٠ متر على استقامة واحدة وتم التحكم فى الإحداثيات. وجميع الاتجاهات قيست بالمتر.

أجل أخطاء الانحراف. والسؤال الأول إذا كان المصنع يمكنه مساعدتك من خلال خصائص العدسة بالتعاقب، يمكنك عمل معايرتك من خلال الدقة المناسبة باستخدام سجل شريط ورقه الرسم البيانى لجدول القياس الجرانيتى. هذه الجداول تكون عادة مسطحة = ٢ك م. العلامات النموذجية على ورق الرسم تستخدم لاختيار انحراف العدسة. جدول الجرانيت يكون وضعه عمودى مع استخدام المستوى الأحسن والمجموعة عمودية بقدر الإمكان على المحور البصرى للكاميرا. وكذلك الجدول يمكن أن يكون مائل بالتدريج، هذا الانحراف سيكون مقدار ثابت المعادلة (١) حتى المعادلة (٢) يمكن التعبير عنها بأكثر من شكل عام :-

$$\begin{bmatrix} U - Up + \Delta u \\ V - Vp + \Delta v \\ -C \end{bmatrix} = \lambda [M] \begin{bmatrix} X - Xo \\ Y - Yo \\ Z - Zo \end{bmatrix} \quad ..... (4)$$

حيث أن u، v هى إحداثيات التصوير، Up، Vp هى نقطة الأصل لاحداثيات التصوير، Δu، Δv هما الخطأ فى U، V، C هى المسافة الرئيسية للكاميرا هى مقياس الرسم للعامل الخطى، M هى ٣×٣ مصفوفة تحويل الشكل من الصورة الى النظام الاحداثى فى المعمل، Z, Y, X وهى إحداثيات الهدف فى المعمل، Zo, Yo, Xo وهى المركز البؤرى لنظام الإحداثيات فى Z, Y, X ومن هذا الشكل العام يمكن اشتقاق معادلات الأبعاد الثلاثة.

* * *

المدى المغلق للتصوير المساحى، أو تطبيق التصوير المساحى حيث تكون مسافة نقطة الهدف للعدسة أقل من ٣٠٨ متر أى (١٠٠٠,٠ قدم) أصبح ممكناً من خلال ظهور الأجهزة المناسبة والطرق العلمية وتكنيك اختزال البيانات (مارزن ١٩٧٥م Marzan). تحول الكاميرات من الكاميرات Metric Camera إلى الكاميرات غير القياسية nonmetric Camera، أدى إلى استخدام تشخيص تحليلى جديد لتحديد بيانات الكاميرا الداخلية والخارجية والتى تعتبر مهمة لتطوير التصوير المساحى ليشمل دراسة حركة جسم الإنسان الربح الذاتى فى قانون التكلفة، والاستعداد للانتفاع بغلق وتشغيل الكاميرات، لم يعد مناسباً للمدخل الكلاسيكى لإعادة التركيب.

اليوم كثر تداخل الطرائق الفنية. وكثير منها طور عن طريق إعادة ترتيب تكلفته تبسيط المعادلة (٤).

حولت المعادلة الكلاسيكية إلى مجموعة بيانات غير معروفه، والتى تكون دالة لإحداثيات نقطة الهدف وثباتها. والثبات معلومة حسابية معقدة تشتمل على بيانات كاميرا واحدة أو أكثر.

ولتحديد هذه البيانات عملياً، تشير دقة قياس معايرة نقاط الهدف المستخدمة فى تحديد المعلومات غير المعروفة إلى خطوتين:

الخطوة الأولى استنباط معايرة التصوير الضوئى والصورة وإحداثيات نقطة الهدف الحقيقة والمستخدمة فى تحديد قيم المعلومات المجهولة فى الاصطلاحات الحسابية. وتلك هى أشكال معايرة الكاميرا. إذن استنباط المعايرة يرجع إلى المعلومات المجهولة لنقاط الهدف أو علامات الجسم المقاسة.

والخطوة الثانية تحديد إحداثيات هذه العلامات المقاسة من إحداثيات صورة الهدف والحساب السابق للثابت التحليلى. ويتطلب تعدد نقاط المعايرة تفسير المعلومات المجهولة تبعاً لتنوع تداخل التكنيك المطبق.

انتشرت أفضل الطرق الفنية للأبعاد الثلاثة فى حركة الإنسان فى مجال الميكانيكا الحيوية. وذكرها بالتفصيل يخرج عن نطاق هذا العمل. وعامة الخطأ ينحصر بين صفر مم، ٥مم. ومع ذلك القيم المقررة لا تتأسس دائماً على نفس معنى الخطأ. فيما بين طرق إعادة تركيب الأبعاد الثلاثة، التطبيق والشرح الاكثر انتشاراً ربما يكون تكنيك الانتقال المباشر (DLT) المتطور عن مارزان Marzan (١٩٧٥م). الذى يستخدم أنواع كثيرة من اختراعات التصوير، شتوكيز Stokes، بيجالو Bigalow، وموريلاند Moreland (١٩٨٧م) استخدموا تكنيك التصوير المساحى للانتقال المباشر (DLT) بأشعة X (X- Ray) لقياس انحناءات العمود الفقرى بينما آلارد Allard، دوهايمى Duhaime، لابيللى Labelle، مورفى Murphy وموريلاند Moreland (١٩٨٧م) استخدموا الكاميرات الثابتة لتحديد وضع وانحراف رسغ القدم ومحور مفصل الدوران. أخطاء التصوير المساحى للانتقال المباشر ساعد فى استخدام التصوير ذو السرعة العالية (شابيرو Shapiro ١٩٧٨م) وفرص تصوير الفيديو (ليروكس Leroux، الارد Allard، مورفى Murphy ١٩٩٠م). تأسست طريقة التصوير المساحى للانتقال المباشر على التكنيك الكلاسيكى ويعبر عنها كما يلى:

$$U + \Delta u = \frac{L_1x + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9x + L_{10}Y + L_{11}Z + 1.}$$ و

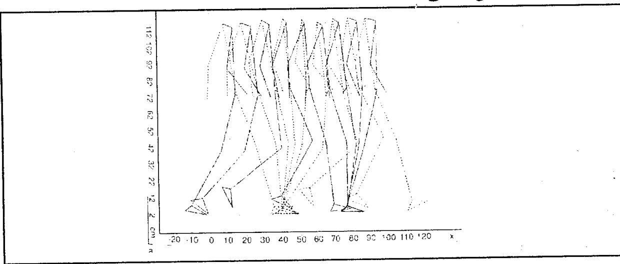
$$V + \Delta r = \frac{L_5x + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9x + L_{10}Y + L_{11}Z + 1.} \quad \text{.........(5)}$$ و

حيث أن V, U = إحداثيات التصوير و Δr, Δu = تصحيح احداثى اتجاه عدسة التصوير. وإحداثيات نقطة الهدف = Z, Y, X بينما الثوابت L_1 حتى L_{11} = بيانات التصوير المساحى للانتقال الثلاثى المباشر والتى يحددها وضع الكاميرا واتجاهها وعلى سبيل المثال البيانات الداخلية للكاميرا واتجاه العوامل الخطية للعدسة. وللمعلومات الأكثر انظر Marzan (١٩٧٥م).

فى المثال المبنى على تكنيك إعادة تركيب الأبعاد الثلاثة الكلاسيكى شكل (١٠) المحاور البصرية يجب أن توازى كل منها الآخر. إذا لم تكن متوازنة، المعادلة (٤) لا يمكن تطبيقها، ويجب تطوير مجموعة معادلات لتصحيح انحرافات زوايا الكاميرات. من خلال كاميرات ومعادلات (DLT) يمكن الاقتراب من نقطة واحدة ولكن يجب أن نضع فى الاعتبار أن العلامة بين الاقتراب من نقطة واحدة وتداخل الزوايا حددها Marzan (١٩٧٥م) لتكون فى الحسبان لتقليل أى خطأ لإعادة التركيب. وهذه ليست دائماً ممكنة فى البيئة المحيطة فى أى معمل، بالمقارنات بين مكان الكاميرا وأى خطأ مقبول يجب الوصول إليه.

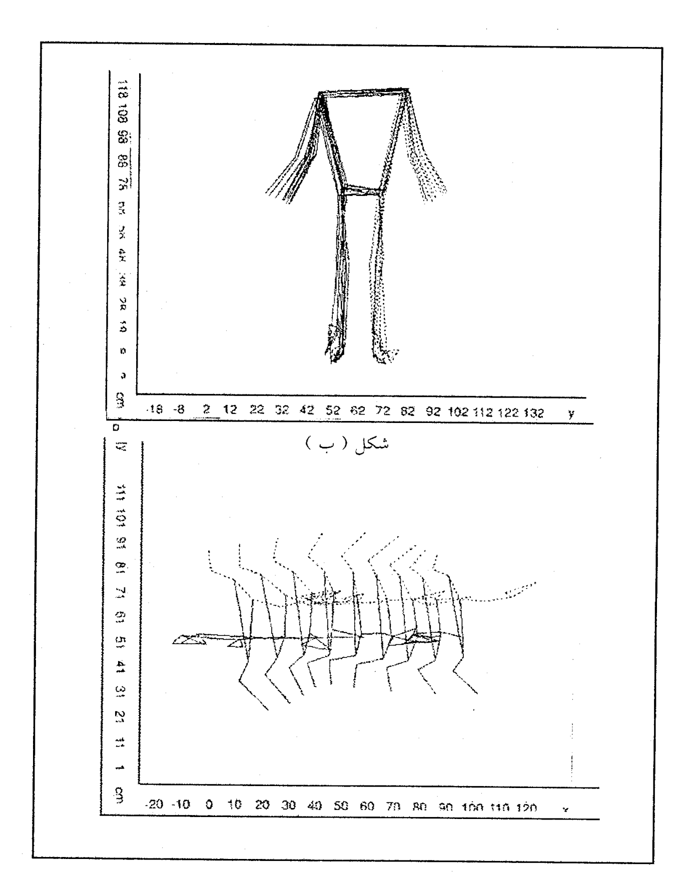
المعادلة (O) كانت كأداة تجارية لنظام الفيديو المؤسس كينماتيكى لمتابعة علامات الجسم. وعلى سبيل المثال: طبق هذا النظام لدراسة حركة المشى العادية وللمرضى.

والشكل (١١) أ حتى جـ، الشكل (١٢) أ حتى جـ يعرضا تشخيص لاختلاف بطارية المشى العادى حيث يعرض الرسم التخطيطى (أ). التسلسل خلال المستوى السهمى باعتباره المستوى العام لاتجاه التسلسل، (ب) المستوى الأمامى و(جـ) من أعلى.



شكل (١١)

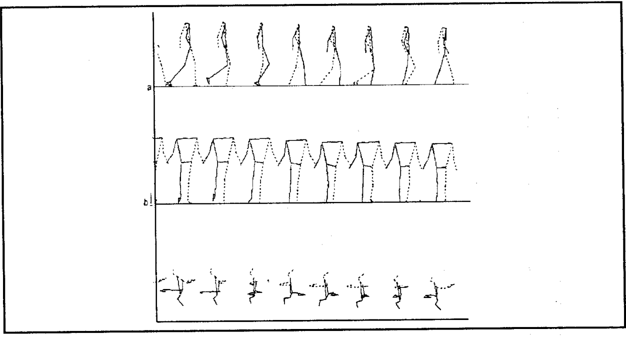
الرسم التخطيطى لمشى فرد من الشمال إلى اليمين عند النظر فى المستوى السهمى باعتباره المستوى العام لاتجاه التسلسل، (ب) المستوى الأمامى (انظر الصفحة التالية، (جـ) المستوى الأفقى انظر الصفحة التالية.



cm
-18 -8 2 12 22 32 42 52 62 72 82 92 102 112 122 132 y
cm
-20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

شکل (ب)

شکل (جـ)



شكل (١٢)

رسم تخطيطى للصور المتباعدة لشخص يسير من الشمال إلى اليمين بالنظر فى (أ) المستوى السهمى باعتباره المستوى العام لاتجاه التسلسل، (ب) المستوى الأمامى، (جـ) المستوى الأفقى.

هامان Hamaan وميلر Milier (١٩٨٢) تناولا هذا التأثير. يتطلب هذا التكنيك معايرة قبلية لتحديد مصفوفة الانتقال.

دين هان Den Haan ودين برينكير Den Brinker (١٩٨٨م) رسما العوامل الهامة المؤثرة فى دقة القياس لمتابعة الهدف. استمرار التعاقب سبب بعض عدم وضوح العلامات المرجعية وكان هذا بالنسبة لكلا وضوح الزمن، حجم العلاقات، بالإضافة إلى وضع الكاميرات بالنسبة لكل منها وإمكانية توليد مقومات الخطأ.

تازى Tsai (١٩٨٧م) أقر تكنيك جديد لمعايرة الأبعاد الثلاثة للكاميرا من أجل قياس الآت الرؤية المستخدمة لغلق- الـ ـ رف Off the Shelf لكاميرات الفيديو والعدسات المكبرة. هاتان الطريقتان تهدفان إلى فعالية حساب البيانات الداخلية والخارجية للكاميرا والتى من خلالها يمكن تحديد التناسق فى نفس وقت استخدام كاميرات الفيديو العادية. الجهود ما زالت تبذل لتطوير توحيد تكنيكات إعادة تركيب الأبعاد الثلاثة أو لتطوير تكنيك جديد لعدد الكاميرات المتحركة. حول المشاكل التى حددت بالنسبة لوضع الكاميرا وحساب حدود الزمن، ما زلنا نحتاج إلى تكنيك نثق فيه، ولكن هناك طرق جبرية ظهرت بظهور الأخطاء.

الفصل الثالث

أولاً : إقلال خطأ إعادة التركيب
ثانياً : أنواع الكاميرات وتشويش العدسة
ثالثاً : فنيات إعادة التركيب
رابعاً: هدف المعايرة وخطأ إعادة التركيب
المراجع

الفصل الثالث

أولاً: إقلال خطأ إعادة التركيب *Minimizing Reconstructed Coordinate Error*

كل قياس يقترن بخطأ يجعله أكثر أو أقل دقة. بيرتيل هارلريت Bertil Harlret (١٩٦٠م) استقر على أن حقيقة الأخطاء وهم لأن القيم بالضبط نادر معرفتها، لذلك فإن اصطلاح مشاهدة يفضل عن بالضبط أو حقيقة، لذلك استخدم فى هذا الكتاب القياس.

تؤثر عوامل كثيرة على نوعية إعادة تركيب الاحداثيات وأعظمها اختراع التصوير، التعرف على العلاقات، وتشغيل الكاميرا، ومعايرتها. وقبل مناقشة مصادر هذا الخطأ، باختصار نحذر عند حدوث خطأ إعادة تركيب الإحداثيات: الأخطاء المأخوذة من الدرس (المحاضرة) مثل المتوسط الحسابى، الانحراف المعيارى، والجذر التربيعى للمتوسط الحسابى، النسبة المئوية، التقدير، وهكذا. هذه الاصطلاحات يجب أن تؤخذ بعنايه واهتمام وتستخدم بحرص.

تعريف مصطلح الخطأ Error Deffintion Terminology

أى فرد يجب أن يميز بين الدقة والتدقيق. فيما سبق اشرنا إلى الاختلافات بين المشاهدة والقيم المقاسة ونشير الآن إلى القدرة على تكرار القيم المقاسة وإمكانية الاحتفاظ بها أو الحصول عليها. يمكن التفكير فى ذلك كنظام ومكونات خطأ عشوائى، نسبياً.

ونحن ننصح بأن خطأ متوسط الجذر التربيعى (Root Mean Square Error RMS) المعطى والمعبر عن النسبة المئوية لمتوسط مسافة الكاميرا الأساسية للهدف. يعبر عنه بالمعادلة:

$$E_{RMS} = \sqrt{\frac{\Sigma\,(XR - Xi)^2}{N}} \quad ....(6)$$

حيث أن N = عدد المشاهدات، X_R = قيمة المشاهدة X_i = قيم الخطأ. بالإضافة لذلك، يجب أن تطبق فقط إحداثيات نقطة الهدف التى لا تستخدم فى تحديد الثوابت التحليلية.

لعرض الفرق بين خطأ المتوسط الحسابى وخطأ المتوسط الحسابى المطلق، خطأ الجذر التربيعى للمتوسط الحسابى (RMS).

ولتوضيح الفرق بين خطأ المتوسط الحسابى، والخطأ المطلق للمتوسط الحسابى وخطأ الجذر التربيعى للمتوسط الحسابى، نعطى كمثال ١٢ قياساً تم فيها إعادة تركيب العلامات عن طريق كل علامة على أخرى.

الجدول (١) يشير إلى أن قيمة المتوسط الحسابى تؤول إلى الصفر. وهناك تأرجح بسيط جداً حوالى (١١, ٠مم) فى التجهيزات، والخطأ العشوائى حوالى (١٢, ٠مم) فى كل إحداثى. وخطأ المتوسط لا يكون مناسباً لإظهار دقة الأداة لأن الأخطاء السالبة تلغى الأخطاء الموجبة المماثلة لها.

وهنا خطأ المتوسط الحسابى المطلق (٣٧, ٠مم) وخطأ متوسط الجذر التربيعى (RMS) (٤٤, ٠مم) وكل منهم ثلاثة أضعاف خطأ المتوسط الحسابى. وخطأ متوسط الجذر التربيعى يحفظ تقدير دقة الأداه.

جدول (١)

المتوسط الحسابى، الانحراف المعيارى، الخطأ المطلق، خطأ الجذر التربيعى للمتوسط الحسابى

العلامة	ΔX (مم)	ΔY (مم)	ΔZ (مم)	الاختلاف المطلق
١	٠,٢١-	٠,١٨	٠,٤٣	٠,٥١
٢	٠,١٨	٠,٣٠	٠,٢٠-	٠,٤٠
٣	٠,٠٥	٠,٢٦-	٠,٠٢-	٠,٢٧
٤	٠,٠٩-	٠,١٨	٠,٥٢	٠,٢٨
٥	٠,٠٧-	٠,٠٨-	٠,٣٤-	٠,٣٦
٦	٠,٢٨	٠,٢٣-	٠,٤٥-	٠,٥٨
٧	٠,١٩	٠,١١	٠,١٥	٠,٢٧
٨	٠,١٤	٠,٣٢-	٠,٢٤	٠,٤٢
٩	٠,٠٧	٠,٠٣	٠,٦٧-	٠,٢٨
١٠	٠,٠٤-	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٣٨
١١	٠,٣٥-	٠,٣٣	٠,٠٩	٠,٤٩
١٢	٠,٠٠-	٠,٠٢-	٠,١٤-	٠,١٤
خطأ المتوسط الحسابى	٠,٠٢	٠,٠٤	٠,١٠	٠,١١
(الانحراف المعيارى)	(٠,١٨)	(٠,٢٣)	(٠,٣٥)	
الخطأ المطلق	٠,١٤	٠,١٩	٠,٢٩	٠,٣٧
(الانحراف المعيارى)	(٠,١١)	(٠,١١)	(٠,١٩)	
خطأ متوسط الجذر التربيعى	٠,١٧	٠,٢٦	٠,٣١	٠,٤٤

ملحوظة: حسبت القيم من قياس وإعادة تركيب العلامات المرجعية التى لم تستخدم فى تحديد ثوابت تكنيك الانتقال الخطى المباشر (DLT).

غالباً فى التصوير المساحى يعبر عن الخطأ النسبى للمسافة من قاعدة الكاميرا إلى الهدف. وفى هذه الحالة خطأ متوسط الجذر التربيعى (RMS) لقاعدة الكاميرا والهدف سيكون بنسبة (١:٢,٩٥١). بالإضافة لذلك إذا كان اختلاف العدسة (١٢مم أو بتقريب العدسة)، استخدم بدلاً من عدسة ٨مم، سوف يتعادل اختلاف الخطأ مع وضع الكاميرا المشابه. زيادة طول البعد البؤرى للعدسة مناسب لجعل الكاميرا قريبة من الهدف.

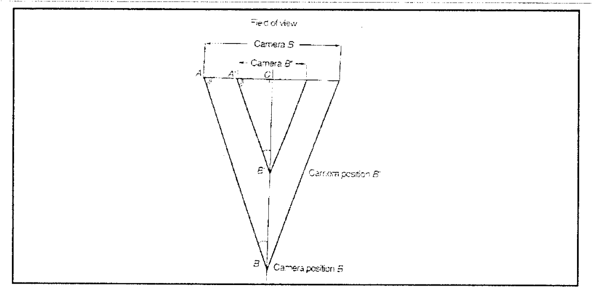
استخدام نفس الكاميرا ونفس العدسة، يكون تغير الخطأ خطى تقريباً خلال المسافة من قاعدة الكاميرا إلى الهدف.

ولأن المسافة بين قاعدة الكاميرا والهدف متنوعة من كاميرا إلى أخرى، بناء على ذلك فإن مسافة البعد البؤرى المستخدمة يمكن تعديلها بسهولة وتكون أفضل فى التعبير عن الخطأ كتناسب لمجال الرؤية. ويمتلك هذا التأثير على انخفاض النسبة، لأن عرض مجال الرؤية عادة أقل من المسافة من الهدف إلى قاعدة الكاميرا، والشكل (١٣) يعرض المثلث ABC مشابه المثلث Á´B´C وكذلك AB/Á´B هى نفسها AC/ Á´C. كيف سيحدد طول مجال الرؤية ؟ هل هو الرأسى، الأفقى أو المسافة القطرية ؟.

جدول (٢)

المتوسط الحسابى، والخطأ المطلق، وقيم خطأ الجذر التربيعى للمتوسط (RMS) باعتبارها كنسبة مئوية لاختلاف المسافات.

المسافة	المتوسط الحسابى	الخط المغلق	خطأ الجذر التربيعى للمتوسط الحسابى (RMS)
الكاميرا - القاعدة إلى الهدف ١,٢٩٣ مم	١:١١,٨٠٣	١:٣,٥٠٩	١:٢,٩٥١
مجال الرؤية الأفقى (٤١٠مم)	١:٣,٧٢٧	١:١,١٠٨	١:١,٩٣١
المائل (القطرى) (٤١٠ فى ٢٠٥ مم، ٤٥٨,٤٠ مم)	١:٤,١٦٧	١:١,٢٣٩	١:١,٠٤٢
القطر الخاص (٤١٠ فى ٢٠٥ فى ٢٠٥مم، ٥٠٢,٢ مم قطرى)	١:٤,٥٦٥	١:١,٣٥٧	١:١,١٤١



شكل (١٣)
علاقة النسب المثلثية المتشابهة بين الأوضاع المختلفة للكاميرا

إذا كان كل مسافة من تلك المسافات الرأسية والأفقية أو القطرية صحيحاً، فالقطرية ينتج أفضل تعبير لمجال الرؤية، لأنها تحتوى على الارتفاع والعرض. ومع ذلك لأنهم جميعاً يرتبطون بالمسافة بين الكاميرا والهدف، والتى يمكن بسهولة قياسها ومقارنتها بمجال رؤية الكاميرا، سوف يستخدم متوسط المسافة بين القاعدة والهدف. وتعوض قيم المعايرة المائلة فقط أى تجزئه لمجال رؤية الكاميرا، وهى تستخدم لإنتاج أقل نسبة.

أى علامات رجوع استخدمت على التوالى فى معايرة الثوابت التحليلية سوف تنتج عامة خطأ بسيط، لأن البيانات التحليلية تكون على استعداد مثالى لكل من النقاط. (استخدم هذا الخطأ فى حساب كل من نقاط الرجوع كحد أدنى لإظهار أنسب ثبات للعمليات).

وعلى التوالى تستخدم فقط علامات الرجوع للإحداثيات الباقية فى حساب الخطأ. برنامج مارزان Marazan للكمبيوتر للانتقال الخطى المباشر (DLT) سنة (١٩٧٥م) أظهر مستوى الخطأ أو خطأ الانتقال الخطى المباشر لبيانات ١١ انتقال خطى مباشر. عند محاولتنا ربط خطأ الانتقال الخطى المباشر (DLT) بالخطأ المطلق (قبل الاختلال بين المتوسط الحسابى المطلق والمرجع ومقياس الإحداثيات)، نحن نجد أن خطأ الانتقال الخطى المباشر (DLT) كان دائماً دلالته الإحصائية منخفضة عن أندريه André، دانسيريو Dansereou و آلارد Allard (١٩٩٠م). فى محاولة عملية، عندما يزيد خطأ علامة الرجوع من صفر مم إلى ٥مم، يزيد خطأ الانتقال الخطى المباشر من صفر مم إلى ٤, ٠مم. بينما وصل الخطأ المطلق إلى أقصى من ٥, ١مم خلال وصول قمة الخطأ إلى ٥, ٣مم.

وباختصار، خطأ متوسط الجذر التربيعى (RMS error) سوف يحسب من احداثيات العلامة التىْ لم تستخدم فى عمليات المعايرة، ونسبة متوسط الجذر التربيعى (RMS) أو الخطأ المطلق سوف تعبر عن العلاقة بين متوسط المسافة من الكاميرا إلى الهدف (Camera bais- to Object).

ثانيا: أنواع الكاميرات وتشويش العدسة Camera Types and Lenes Distoration

المكونات الأساسية لنظام التصوير المساحى البصرى هى استخدام الكاميرا إما للقياس أو عدم القياس، عدم تسطح الفيلم، العدسة. كل من تلك المكونات الأساسية تعطى خطأ للقياس، ولكن نماذج قاعدة إعادة التركيب الثلاثى الأبعاد لا تصحح مصادر خطأ هذه المكونات.

التكنيكات المتداخلة مثل الانتقال الخطى المباشر DLT، بدلت الخطوات المجهدة لمعايرة الكاميرا. كرارا Karara وعبد العزيز Abdel Azez (١٩٧٤م) قارنوا دقة طرق الانتقال الخطى المباشر (DLT) المستخدمة فى الكاميرا القياسية وأربع أنواع من الكاميرات غير القياسية الكاميرات غير القياسية كانت Hon-eywell Pentax Spotmatic، Crown Grophic، Hanssed 500c، Kodak In-stamatic 154 Camera أما الكاميرا القياسية كانت Hasselbad Mk 70. الانحراف المعيارى لخطأ الجذر التربيعى للمتوسط الحسابى (RMS) حسب موضع النقاط المرجعية عند المسافات بين قاعدة الكاميرا والهدف من (٤,٠٠م)، (٥,٥م) وكانت دائماً القيم الأصغر لخطأ متوسط الجذر التربيعى خلال تقارب أوضاع الكاميرا وكان الانحراف المعيارى لخطأ المتوسط الحسابى للجذر التربيعى الاكبر (٣,١مم) (حصل عليه من The Kodlak Instamatic Camera) وبنسبة حوالى ١ : ١,٧٨٠ بالنسبة للمسافة من قاعدة الكاميرا إلى الهدف. خطأ الجذر التربيعى للمتوسط الحسابى من خلال الكاميرات غير القياسية الأخرى كان ٥٥٪ إلى ٧٥٪ أصغر من خطأ Instamatic Camera. ولم يكن الاختلاف حاد بين خطأ الكاميرات غير القياسية والكاميرا القياسية، حيث النسب بالنسبة للمسافة من قاعدة الكاميرا إلى الهدف بالتنوع ما بين ١ : ١,٧٧٤(Instamatic) ما بين ١ : ٥,٢٠٠(Pentax).

واستخدموا شخصياً Nikon FE Cameras مجهزة عن Nikkor بعدسة مكبرة ٥٥مم، ونتج مدى خطأ مطلق ٠,٣٣مم (١ : ١,٥٤). ودقتهم حددت عن طريق أصبع رسم لوحة الرسم بخطأ ٠,٤مم وعمليات التحليل اليدوية.

فرازير Fraser (١٩٨٢م) تمكن من الوصول إلى نسبة (١ : ١٠,٠٠٠) أو أفضل من خلال الكاميرات غير القياسية وبطريقة نوع الانتقال الخطى المباشر (DLT).

مجموعة التصوير المثلثية المتعددة المحطات فى وقت واحد صنعت لاستخدام تصور المعايرة الذاتية من خلال إضافة البيانات من مجموعة التصوير. ويكون ضمن مجموعة بيانات التصوير بيانات التصوير الثابتة التى تؤخذ من التركيز على تشويه خاصية كل صورة فى الفيلم مع افتراض أن درجة تسطح الفيلم من صورة إلى صورة لا تختلف وتبعاً لرأى فرازير Fraser (١٩٨٢م) يكون عدم ظهور تسطح الفيلم العامل الأكثر مدى دال يمكن إدراكه لدقة تكنيك إعادة التركيب بكاميرا غير قياسية، وبخاصة بالنسبة لكثرة خصائص الكاميرات وقصر طول البعد البؤرى للعدسات.

* * *

يشتمل تكنيك (فنيات) إعادة التركيب على حساب الثوابت المتعددة المرتبطة بالبيانات الداخلية والخارجية للكاميرا، وعوامل تصحيح العدسة والخصائص الأخرى. بعض هذه الثوابت جزء متكامل لفنية إعادة التركيب بينما عوامل التصحيح الإضافية الأخرى تضاف إلى نموذج التصوير المساحى.

فمثلاً: تفترض قاعدة نموذج التصوير المساحى لا مسافة للعدسة. فإذا فرضنا عدم وجود مسافة العدسة عندئذ يجب إضافة نوع من الانحراف خاص بإعادة التركيب التحليلى. مع ذلك إذاً حدث هذا عند دخول انحراف قليل أو عدم انحراف العدسة. ينتج عندئذٍ خطأ عشوائى أو متأرجح.

الانتقال الخطى المباشر فى الاتجاهات الثلاثة الكامل اللوغارتم (الرمز الحسابى) يحتوى على ٢٢ معلمات (بياناً) الحادية عشر الأولى تساعد مع البيانات الداخلية والخارجية ومع عوامل تصحيح خط العدسة. أى بُعد لأسماء الأمر السابع يمكن إضافته لتوضيح استقامة انحراف العدسة، وزيادة عدد العوامل إلى ١٦. ويمكن التعبير عن تهذيب مكونات الصور Δu، Δv فى المعادلة (٥) كما يلى:-

$$\Delta u = a_1 + au_2 + av_3 + u\,(K_1r^3 + K_3r^4 + K_4r^5 + K_5r^6).$$

$$\Delta u = a_4 + a_5u + a_6\,v + v\,(K_1r^2 + K_2r^3 + K_3r^4 + K_4r^5 + K_5r^6). \quad (7)$$

حيث أن a_1 = الثوابت التى تعكس المكونات الخطية لانحراف العدسة وتشويه الفيلم، وتضم الثوابت العوامل من L_1 حتى L_{11}، بينما r = طول متجه القطر من نقطة تماثل إلى نقطة تحت التركيز (v´ ú).

إضافة الخمس الأولى غير المعلومة، K_1 = ترتيب عوامل انحراف العدسة.

يعكس انحراف العدسة غير المتماثل السبب فى مناسبة اجزاء العدسة وتقدير الاختيار من نقطة لأخرى والتى تتماثل كمرجع، نموذج كوترادى -Con

rady (١٩١٩م) استخدم للتعبير عن عدم تناسق انحراف العدسة. وأصبحت المعادلة (٧):

$$\Delta u = a_1+a_2u+a_3v+u' (K_1r^2+K_2r^3+K_3r^4+K_4r^5+K_5r^6) +P_1(r^2 + 2u'^2) +2p_2\acute{u}'v.$$

$$\Delta v = a_4 + a_5u + a_6 v+ 'v (K_1r^2 + K_2r^3 + K_3r^4 + K_4r^5+ K_5r^6)+P_2(r^2 + 2\text{-}^2) +2p_1\acute{u}'v. \quad (8)$$

حيث أن P_1، P_2 = عوامل انحراف العدسة غير المماثلة. والأربع عوامل يمكن إضافتها للمعادلة (٨) لتقدير المركب غير الخطى لتشويه الفيلم ليقود إلى اكتمال نموذج تهذيب الصورة من خلال ٢٢ عامل.

$$\Delta u = a_1+a_2u+a_3v+a_4u^2 + a_5r^2 + u^1 (K_1r^2+K_2r^3+K_3r^4+K_4r^5+K_5r^6) + P_1(r^2 + 2\acute{u}^2) +2p_2\acute{u}'v'.$$

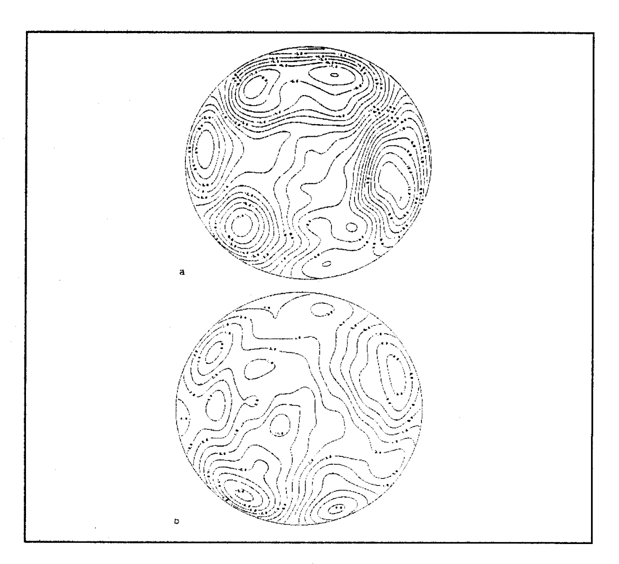
$$\Delta v = a_6 + a_7u+ a_8v+ a_92+ a_{10}r^2 +'v (K_12^2 + K_2r^3 + K_3r^4 + K_4r^5+ K_5r^6)+ P_2(r^2 + 2v^2) +2p_1\acute{u}'v. \quad (9)$$

كذلك، Δu، Δv كما فى المعادلة (٥) يجب التعويض عنها تبعاً للقيم فى المعادلة (٩).

استخدام كاميرات الفيديو، استبدل الفيلم عن طريق استبدال جهاز تقويم التيار والنظام الالكترونى، والذى ينتج علاقة خطية بين تسليط الضوء على مستوى موضع الصورة ونتائج البيانات.. تفاصيل تحضير خرائط اخطاء صور- مستوى الفيديو عرفت عن طريق أنتونسون Antonsson ومان Mann (١٩٨٩م) والذين استخدما ١٢,٠٠٠ نقطة بأى جهد لمعايرة موضع دقة بعد المجال الداخلى للمنظر عند مدى ٣ متر. هذه أقصى درجة لأكبر عدد للنقاط الإرشادية (المرجعية) احتفظ بها عن طريق وحدة قناة طولها ٢ متر والتى فوق ٣٠ علامة رجوع وضعت على طول العارضة وقيست بدقة تقل عن ١مم. حسب المقياس باحكام الموتور الناقل وتحكم الكمبيوتر فى لوح دائر من خلال

محور دورانه انضم مع المحور الاختيارى. ويدور اللوح بزاوية ٥٩°. علاوة على الحصول على ٤٠٠ خطوة حول الدائرة.

مقايس تساوى القطر ومحيط الدائرة وخطأ الاستدارة لأى كاميرا فيديو يكون بعيداً عن أن يكون نصف قطر، والشكل (١٤) يعرض مثالاً لذلك.



شكل (١٤)

مقياس (أ) تساوى القطر، (ب) تساوى محيط الدائرة وتصحيح الاستدارة

هناك مصادر متعددة للخطأ، ولكن ربما الأكثر أهمية وغالباً ما يهمل وهو ارتباط الكمية وإعطاء الأهمية لقياس معايرة الهدف. يكون من السهل معايرة أى اختراع أو أى أداة من أجل الدقة الأكبر من المستوى الذى تقارن به. لهذا دوبيلن Doeblin (١٩٧٥م) أوصى باستخدام مستوى معايرة ١٠ مرات لضبط الدقة المطلوبة للاختراع أو لمعايرة الاداة.

فى التصوير المساحى يكون هذا أكثر تداخلاً لأننا نستخدم الهدف الذى يقاس بدنيا بمعايرة البيانات الداخلية والخارجية للكاميرا بالتدريج، دقة التجهيزات تستخدم فى معايرة رجوع الهدف ويكون متعارض لأنه أيضاً يتأثر بدقة إعادة تركيب الأبعاد الثلاثة. الشكل (١٥) يلخص بالتدريج مصادر الأخطاء التى يمكن حدوثها فى خطوات مختلفة نحو الحصول على إعادة تركيب الإحداثيات غالباً، إحداثيات العلامات الإرشادية على الهدف المعاير يتحدد باستعمال خريطة مستوى المقاس التى دقتها ٠٫٠٥مم. فالقارئ يحكم تقرير دقة إعادة تركيب إحداثيات الأبعاد الثلاثة. بعض مصانع إنتاج الفيديو أسست الانظمة لمد المعامل باختراعات المعايرة، التى سوف تساهم فى تقليل الخطأ.

إلى جانب الانتباه المعطى لقياس معايرة الهدف، هناك عدد من العوامل الأخرى التى تؤثر على الدقة.

وهذه تشتمل على العدد وعلى اختيار علامات الرجوع (الإرشادية) المستخدمة فى تكنيك إعادة التركيب، شكل الهدف المعاير، بالنسبة لوضع الكاميرا، ولوغارتم إعادة التركيب.

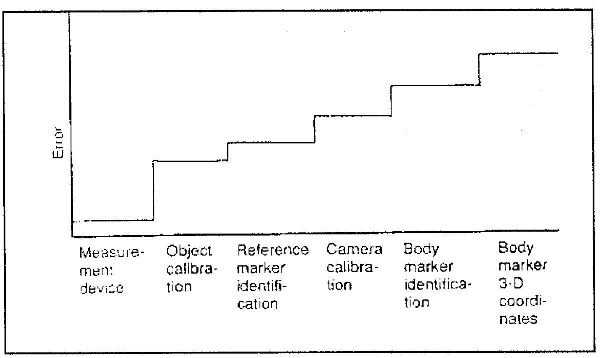
الحد الادنى لعدد النقاط المختارة لتحليل البيانات غير المعروفة فى لوغارتم إعادة التركيب تبدل تبعاً للتكتيك المستخدم، من أجل الانتقال الخطى المباشر (DLT)، تنسيق الصورة يتطلب ما لا يقل عن ٦ علامات رجوع.

شابيرو Shapiro (١٩٧٨م) أوصى باستخدام من ١٢ إلى ٢٠ علامة رجوع. إذا استخدم أكثر من ٦ علامات رجوع، تؤدى أقل توافق للتربيعات، الخطأ لا يكون منشطاً للتأثير عن طريق عدد النقاط، ما دام معايرة الهدف بدقة جيدة. لوريكس، آلارد ومورفى Leroux, Allard and Murphy (١٩٩٠م) قاسوا موضع العلامة من ± ٠,٠٢مم خلال نظام معايرة حوالى ٠,٢٧م٣ ومع مسافة من قاعدة الكاميرا إلى الهدف مقدارها ٠,٦٠٠م مع من ٨ حتى ٢٠ علامة رجوع، كانت قيمة الخطأ المطلق ٠,٤١مم و ٠,٣٤مم على التوالى.

يجب التنبيه إلى أنه عندما تزيد عدد النقاط يقل خطأ إعادة التركيب. أقل تربيع سوف يقترب من إنتاج أفضل تهذيب، ويستخدم لأكثر سلاسة لنقاط الرجوع عن الحد الادنى، ويكون فعال، ومهما يكن، أيضاً تهذيب أقل تربيع يستخدم لإقلال الخطأ العشوائى، ولا يكون مستخدم فى تصحيح الانحراف التجريبى لهذه النتائج من معايرة مرجع الهدف. الخطأ يجب يقدر ليست فقط بالنسبة للأطوال لمسافة بين علامتين ولكن أيضاً بالنسبة لإحداثيات العلامات المطلقة بنفسها أو بالنسبة لطول العامل المخترع عند النظام الإحداثى للمعمل والعلامة.

تشويش العلامات المرجعية خلال المعايرة يكون أيضاً مهم. ليروكس Le-roux (١٩٩٠م) قارن الأخطاء بعد المعايرة بإضافة علامات انحرفت نحو الأمام، وللقمة، أو للجانب الأيمن للمكعب المرجعى. أولاً، كان هناك ٨ علامات، وعلامة فى كل ركن، وكانت سبع علامات مضافة بالزيادة.

ويلخص الجدول (٣) النتائج التى تعرض أن تشويش الانحراف لعلامات الرجوع ضعف الخطأ وبخاصة فى الاتجاه العمودى على مستوى الفيلم (الاتجاه Z).



شكل (١٥)

انتشار الاخطاء الدالة للخطوات المختلفة المتبعة للحصول على إعادة تركيب الابعاد الثلاثة.

جدول (٣)

الخطأ المطلق (الانحراف المعيارى) لكل من العلامات المشوشة المعالم

موضع العلامة	EX الخطأ الأفقى (خ س)	EY الخطأ الرأسى (خ ص)	EZ الخطأ السهمى (خ ى)	قيمة الخطأ $\sqrt{خ^2 س + خ ص^2 + خ ى^2}$
القمة	٠,٢٣	٠,١٨	٠,٤٦	٠,٥٤
	(٠,١٩)	(٠,١٨)	(٠,٣٦)	(٠,٤٥)
اليمين	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٤٨	٠,٥٨
	(٠,١٧)	(٠,٢٢)	(٠,٣٦)	(٠,٤٥)
أمام	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٤٧	٠,٥٧
	(٠,١٩)	(٠,٢٢)	(٠,٤٠)	(٠,٤٩)

جدول (٤)

الخطأ المطلق (الانحراف المعيارى) فى إحداثيات علامات الهدف

موضع العلامة	النوع	خ س EX الخطأ الأفقى (مم)	خ س EY الخطأ الرأسى (مم)	خ س EZ الخطأ السهمى (مم)	قيمة الخطأ √خ س٢+خ ص٢+خ ى٢ (مم)
خلف	داخلى	٠,١٦	٠,١٧	٠,٣١	٠,٣٩
		(٠,١٣)	(٠,١٥)	(٠,٢٠)	(٠,٢٨)
	خارجى	٠,٢١	٠,٣٣	٠,٢٦	٠,٦٠
		(٠,٢٤)	(٠,٢٦)	(٠,٣١)	(٠,٤٧)
يسار	داخلى	٠,١٧	٠,٢١	٠,٤٨	(٠,٥٥)
		(٠,١٠)	(٠,١٧)	(٠,٢٤)	(٠,٣١)
	خارجى	٠,٤٧	٠,٣٩	١,٣٧	(١,٥٠)
		(٠,٢٣)	(٠,٢٦)	(٠,٩٦)	(١,٠٢)
أعلى	داخلى	٠,١٤	٠,٢٦	٠,٤٤	٠,٥٣
		(٠,٠٨)	(٠,١٧)	(٠,١٩)	(٠,٢٧)
	خارجى	٠,٥٤	٠,٣٩	٠,٤٣	٠,٧٩
		(٠,٢٧)	(٠,٢٦)	(٠,٢٩)	(٠,٤٧)

تنبيه: وقعت العلامات الداخلية خلال معايرة المسافة- وقعت العلامات الخارجية خارج معايرة المسافة.

منذ لحظة معايرة التصوير المساحى، عندئذ يكون فى الإمكان تحديد مواضع علامة الهدف. ولتجنب استكمال الأخطاء، سوف نسقطهم خلال معايرة الكادر. يعرض جدول (٤) الخطأ المطلق فى إحداثيات علامات الهدف ممتداً من الخلف إلى اليسار أو من أعلى عن معايرة الكادر : الخطأ الضعف أو أكثر.

وود Wood ومارشال Marshall (١٩٨٦م) وجدا أن استكمال الخطأ كان ٥٠٪ إلى ١٠٠٪.

خلال هذا الفصل، سلمنا بما يلى:

أ- أن تعدد علامات الصور يسهل تعريفها.

ب- أنها تظهر وصف علامات المفاصل للجسم. بالإضافة لذلك، عملياً ملفات البيانات يجب أن تكون معدة للطبع وإبعاد التشويش من إدخال مصادر الضوء إلى العلامات الحمراء بعد الحساب أو مشاكل الظلال، وحشر البيانات الخاطئة، ولتصحيح نتائج إزاحة العلامة من حركات الجلد، وهكذا. والترينج Woltring، وهويسكس Huiskes (١٩٩٠م) تنبأ بأن الزمن عند التعرف على المجموعة. وتكنيك الذكاء الصناعى يجب أن يكون أكثر انتشاراً لتطبيق بيانات أنظمة الحاسب الآلى من أجل تحليل حركة جسم الإنسان.



1 - Allard, P., Duhaime, M., Labelle, H., Murphy, N., & Nagata, S. (1987). Spatial reconstruction Technique and Kinematic Modeling of the ankle. Enginering in Medicine and Biology, 6, 31- 36.

2 - André, B., D,ansereau, J., & Arllard, P., (1990, November). Calibration Object Mesurements and Three- Dimensional reconstruction accuracy of the DLT algorithm. Paper Presented to the 14 th annual Meeting of the American Society of Biomechanics, Miami, FL.

3 - Antonsson, EK., & Mann, R.W. (1989), Automatic 6- D.O.F Kinmatic Trajectory acquisition and analysis Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, 111, 31- 39.

4 - Ayoub, M.A., Ayoub, M.M., & Ramey, J.D. (1970). Astereometric System For Measuring human Motion. Human Factors, 12, 523- 535.

5 - Conrady, A. (1919) Decentering Lens Systems. Monthly Noticces of the Royal Astronomical Society, 79.

6 - Dapend, J. Harman, E.A., & Miller J.A. (1982) Three- Dimensional Cinematography With Control Object of Unknown Shape Journal of Biomechanics, 15, 11- 19.

7 - de Groot, G., de Koning, J., & Van Ingen Schenau, G.J. (1989) Method to determine 3-D Coordinates With Panning Camers, Paper Presented to the Xllth International Society of Biomechanics Meeting, Los Angeles, 297.

8 - de Haan, T., & den Brinker, B- (1988) Direct Linear Transforrmation Method For 3-D registration Using Subject Tracking Cameras. In. G. de Groot, P.A. Hollander, P.A. Huijing, & G. J. Van Ingen Schenau

(Eds.) Biomechanics Xl- B (pp 1051- 1056). Free Univrsity Press.

9 - Doeblin, E.O. (1975) Measurement Systems: Application and Design. New York: Mc Grow- Hill.

10 - Fraser, C.S. (1982) On the use of Nonmetric Cameras in analytical Close- rang Photogrammetry. Canadian Surveyor, 36, 259- 279.

11 - Hallert, B. (1960). Photogrammetry, New York: Mc Grow- Hill.

12 - Krara, H. M., & Abdel- Aziz, Y.I.. (1974) Accuracy aspects of non-Metric Imageries. Photogrammetric Engineering, 40. 1107- 1117.

13 - Leroux, M., Allard, P., & Murphy, N. (1990, November). Accuracy and Precision of the direct Linear Technique (DLT) in Very- Close-range Photogrammetry With Vidio Cameras. Peper Presented to the 14th annual Meeting of the American Society of Biomechanics, Miami, Fl.

14 - Marzan, G.T. (1975). Rational desigan For Close- range photommetry, Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana- Champion, Xerox University Micro Films.

15 - Shapiro, R. (1975). Direct Linear Transformation Method For Three-Dimensional Cinemato graphy. Research Quaretly, 49, 197- 205.

16 - Stokes, I.A.F., Bigalow, L.G., & Mareland, M.S. (1987) Three dimensional Spinal Cuvature in idiopathic Scoliosis. Journal of Orthopaedic Research, 5, 102- 113.

17 - Tsai, R. Y. (1987), Aversatile Camera Calibrtion Technque For high-accuracy 3-D Machine Vision and Electronic Engineering Journal of Robotics and Automation, RA-3, 323- 344.

18 - Wolf, P. R. (1983). Elements of Photogrammetry. New York: Mc Grow- Hill.

19 - Waltring, H.J., & Huiskes., R. (1990) Stero photogrmmtry- In. 14. Berme & Acappozzo (Eds), Biomechanics of human Movement: Applications in rehabilitation, Sports and ergonomics (pp. 108- 127). Worthington. OH: Bertec Corporation.

20 - Wood, G.A., Marshall, R.N. (1986). the accuracy of the DLT extrapolations in Three- dimensional Film analysis. Journal of Biomechamics, 19, 781- 785.

الباب الثالث

الإجراءات الأساسية لنظم تصوير الأبعاد الثلاثة بالڤيديو

Instrumententation in Video Based Three Dimension Systems



فى عام ١٨٩٢م جون ويليام John Williams أكد أن النسبة بين كثافة الأكسوچين Oxygen والهيدروچين Hydogen هى ١٥,٨٨٢١ أى أقل من ١٦. وكذلك منذ مائة عام مضت لورد رايلايف Lord Rayleiph. صحح المقولة المأثورة "أن العلم فى القرن العشرين يتطلب الدقة حتى الأرقام العشرية الرابع والخامس.

واليوم الإجراءات لقياس الأبعاد الثلاثة تؤهلنا من أجل العلم فى القرن الوأحد والعشرين.

* * *



الفصل الأول

أولاً : تقويم السيطرة على البيانات والمعلومات
ثانياً : كثرة التضليل فى الحسابات
ثالثاً : عامل التحكم الأفضل



اولا: تقويم السيطرة على البيانات والمعلومات ***the evolution of Data and Processing***

بعض الاحتياجات ظهرت منذ تطبيق القياس التخطيطي للفيلم الأول فى القرن التاسع عشر، والتقسيم التالى يلقى الضوء على هذا التقويم.

من الفيلم إلى السيطرة الالكترونية From Film to Electronic Copture

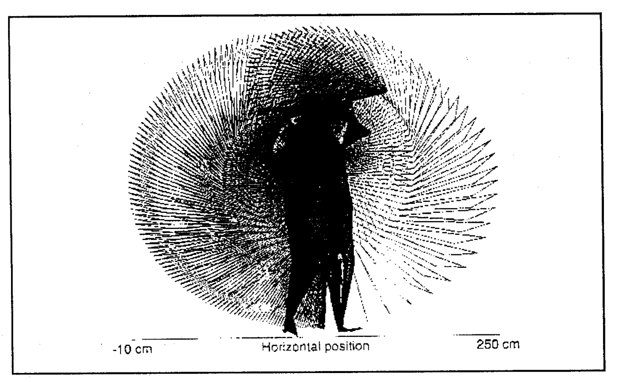
أدت إمكانية تسهيل ثمن ارتفاع حساب تحليل الفيلم إلى جذب معتدل لاختصار بيانات الحركة. سهل تصوير المسابقة وتحميض الفيلم (وكذلك استغراق الزمن) بالمقارنة بعملية التحليل الحركى.

يتطلب تحليل الفيلم دقة معينة فى المسار البصرى لعرض الفيلم على شاشة عرض، الميكانزم السريع المفسر للبعدين Y, X.

هذه الأنظمة عممت فى سنة (١٩٧٠م)، ولكن العائق الأكبر كان كمية الوقت اللازم للتحليل اليدوى للبعدين Y, X، ومثال لذلك مرجحة الجولف المسجلة بالتحليل الكامل للأبعاد الثلاثة للجسم باستخدام نظام الأربع كاميرات مع ١٧ علامة رجوع، ٤ كاميرات، كاميرتين ثابتتين للبيانات من كل كاميرا من الكاميرات الأربعة، سرعة كاميرا ٢٠٠ كادر فى الثانية. سوف تمتلك ١٧×٤×٢×٢٠٠ و ٧٠٢٠٠ نقطة بيانات. سوف يأخذ التحليل الحركى اليدوى عند (١) "السريع كادر كادر" فى الثانية ٧ ساعات بدون توقف العرض كادر كادر! وأخيراً الحاسب الآلى أوصلنا لسرعة الأداء. الشكل (١٦) يعرض رسم تخطيطى للصور لكل مرجحة والتى حللت آلياً فى الوقت الحقيقى فى سنة١٩٨٨م.

ثانيا: كثرة التضليل فى الحسابات ***More Sophisticated Computations***

أصبح تقويم أقراص الحاسب الآلى. Hard Disk، ومنهجية البرامج Soft ware جزءاً هاماً وضرورى فى عمليات تجهيزات الأبعاد الثلاثة فمثلاً التطور فى تكوين الموديل النظرى للقياس باستخدام تكنيك الانتقال الخطى المباشر Direct Linear Transformance (DLT) ومثال آخر التحليل الآلى لما يسمى «مشاكل العلاقة». Correspondence Problems، والتى حللت عدد تقاطع الخطوط المعتدلة لعرض أشعة البعدين خلال الأبعاد الثلاثة الفراغية . (حلل ايرليار Earliar مسار الأجزاء بالاستخدام اليدوى للبعدين لإعادة تركيب المسار خلال الأبعاد الثلاثة). وانتفعت من تصحيح المنهجية الوحدات غير الخطية، كالعدسات أو كاميرات الإحساسات غير الخطية. وحالياً من خلال التسهيلات



شكل (١٦)
النموذج التخطيطى للصور من التحليل الآلى للأبعاد الثلاثة لمرجحة الجولف
باستخدام كاميرا فيديو سرعتها ٢٠٠ كادر فى الثانية

للقدرة العظيمة للسيطرة، طورت الطرق الكثيرة المضللة لتحسين العمل الشاق والدقة فى إعادة البيانات من نقاط الأبعاد الثلاثة.

ثالثاً: عامل التحكم الأفضل *Better User Control*

بعض البرامج الأولى في السيطرة على الأبعاد الثلاثة للإحداثيات من المناظر المتعددة للبعدين اللازمين لبيانات Y, X سجلت فى استمارات وبعد ذلك قرأت عن طريق الحاسب الآلى. الأخطاء اكتشفت عن طريق المحاولة والخطأ وصححت بطرق شاقة. فى الماضى والحاضر القريب التقدم سمح بأكثر وأعظم تصور مباشر لرد الفعل الداخلى من خلال البيانات المحررة واليدوية لإعادة تركيب المسار لحد ما فى مجموعة رسومات للبيانات (مثل ذلك فقدان أو التعمق فى الأهداف).

ظهور استخدام الرسم البيانى المتداخل الأوجه، (graphical User inter-faces (GUIs)، وفأر الطباعة، وشاشة الحاسب الآلى العالية التحليل سهلت التقدم لإعادة تركيب التصور المركب لمجموعات بيانات الأبعاد الثلاثة.

* * *

الفصل الثانى

أولاً : تطبيقات البرامج "الغلق ـ الرفع"

ثانياً : مكونات الحاسب الآلى الداخلية ونظام تطويرها



الفصل الثانى

أولا: تطبيقات البرامج «الغلق والرفع» *Off - the - shelf Applications Soft Ware*

عندما بدأ نظام الأبعاد الثلاثة فى التسويق، كانوا يملكون القليل من البرامج (Soft Ware) للسيطرة على الإحداثيات Z, Y, X وتطبيقات أى برامج كنماذج لحركات جسم الإنسان ارتفعت بالنسبة للمشترى.

المجموعة الفنية من البرامج لدراسة حركة جسم الإنسان هذبت طرقها تدريجياً من البحث الجزئى إلى التسويق التجارى. كمثال الغلق والرفع - off the - Shalf وجدت البرامج كنماذج لكتل وأطوال أجزاء جسم الإنسان. وهناك برامج أيضاً ليس للتحليل بالفيديو فقط بل أيضاً بالتزامن مع قياس منصة القوى بصورة جيدة. ومع ذلك كله تسمح هذه البرامج بحساب القوى مباشرة وعزم الدوران حول المفاصل، كل هذا يمكن اتمامه بالضغط على مفتاح حيث يتم كل شئ آلى للتحليل فى الاحداثيات Z, Y, X من منظر منفرد من كاميرا واحدة كادر كادر للبيانات.

ثانيا: مكونات الحاسب الآلى الداخلية ونظام تطورها *Hard Ware and System Developments*

هناك أيضاً أنظمة لتحليل الأبعاد الثلاثة تستخدم غير مؤسسة على نظام الفيديو، وهذا الفصل يوضح الأنظمة المؤسسة على الفيديو والأكثر انتشاراً. يميل الاتجاه نحو تصور عدد من الإنتاج للتسويق يستخدم الفيديو كبناء مجمع لمجال الحركة وأنظمة التحليل. وأيضاً أنظمة القياس المؤسسة على الفيديو سوف تستفيد من الاتجاه الدولى المركز على تطوير الارتفاع بمواصفات التليفزيون (HD TV (High- difintion Television دليل نظم الجزئين أصبحت كافيه لدرجة السيطره على الزمن الحقيقى للمعلومات من الفيديو والتى أصبحت تحت التطور فى كثير من المعامل.

الفصل الثالث

أولاً : كاميرات الڤيديو
ثانياً : الڤيديو والسرعة العالية
ثالثاً : الاستنتاجات والتنبؤ
المراجع

الفصل الثالث

أولا: كاميرات الفيديو *Vidio Cameras*

تأثرت تكنولوچية الرادار من الحرب العالمية الثانية وتطور التليفزيون تجارياً من سنة ١٩٤٠م إلى سنة ١٩٥٠م وتطور كاميرات الفيديو التجارية استخدم بفضل تحسين تكنولوچيا القياسات الالكترونية. والدلالة العلمية لتطور تكنولوچيا كاميرا لفيديو وشملت ما يلى:

* كاميرا فيديكون the videcon camera – وكانت هذه أول كاميرا، غالية التكاليف، وكاميرا الفيديو العلمية بالواير، wire (بالسلك).

* الأجسام الحساسة الثابتة sold - stote sensore– من خلال تقديم (نصف موصل مادة الأوكسيد (Metal Oxide Semiconductor (MOS)، جهاز شحن مزدوج (Charge - Coupled divice (CCD)، أجسام حساسة ثابتة أخرى، وظهرت مشاكل عديدة من الكادر من نوع الواير وعلى سبيل المثال، تلطخ الصورة أى غير واضحة، أيضاً ظهرت مشاكل التسخين (منظم التنقية الاكترونى) وظهور التشويش الهندسى كمصادر للأخطاء.

يقال أن الكاميرات بنظام البطاريات خطأ التشويش الهندسى فيها منعدم (صفر ٪)، لاستخدام تكنيك محكم لحجب الصورة عند طبع ترتيب الصور الحساسة على أنبوبة أشعة الكاسود بالأجسام الثابتة.

* حاجب العدسة الالكترونى أو الميكانيكى : نظام حجب العدسة ميكانيكياً فى كاميرا الفيديو يمكن تساعد على إقلال تشويش الصورة خلال حركة الأهداف. إذا كانت الكاميرا بدون حاجب للعدسة، عندئذٍ حساسية الصورة تظهر كصورة من خلال دوام زمن مجال الفيديو، أو 1/60 s in a 60) Hz Camera) سرعة الكاميرا ١/ ٦٠ مجال فى الثانية بذبذبة ٦٠ هـ.ت. حاجب العدسة الميكانيكى يستعمل بضبط قرص دائرى بشريحتين، متزامنتين

مع دورة كادر الكاميرا. يحدد اتساع التصوير للشريحتين زمن إظهار حاجب العدسة (فمثلا- نفس الشريحتين تعطى زمن أسرع لحاجب العدسة).

يقلل حاجب العدسة كمية الضوء لدرجة الحساسية المطلوبة. يحل حاجب العدسة الالكترونى مكان حاجب العدسة الميكانيكى فى الكاميرا. الإشارات الالكترونية طبقت فى تنشيط الأجسام الحساسة الثابتة Sdid State Sensor أو إبطال فعاليتها بنفس تأثير الحاجب الميكانيكى.

حاجب العدسة الالكترونى ألغى التنويعات الميكانيكية، والتى أصبحت هامة فى التركيز على تنسيق كاميرا الثلاثة أبعاد التى تتطلب عدم تحركها بعد المعايرة، وأيضاً الحاجب الالكترونى Electronic Shutters غير حساس لصدمات الشحن المتنوعة.

تقويم كاميرات الفيديو Video Cameras، المسجلات Recorders ووحدات إعادة التشغيل (العرض) Play back، وشاشات العرض Monitors كانت سلعة تجارية باهظة التكاليف فى الاسواق، وأخيراً عن طريق أسواق أندية الفيديو home Video Market، والانتاج العالى والتسابق الدولى أدى إلى إنتاج نوعية جيدة من الوحدات وبتكلفة معقولة.

هذه الوحدات صممت لإظهار اللون والتحليل الجيد، ومحددة وفق مواصفات التصميم Pal, NTSC.

ولأن عين الإنسان عادة هى العين النهائية المستخدمة، هذه الوحدات لم تتم بالتصميم لأغراض القياس، حيث أن القيمة النهائية هى دقة المحاور Z, Y, X واستخدامات الأجهزة مستقبلاً سيكون هناك تداخل معنوياً بين تلك المطلبين.

* * *

ثانيا: الفيديو والسرعة العالية High - Speed Video

الفيديو ذو السرعة العالية يقدر عامة بتردد كادرات الفيديو التى تكون الاسرع من تردد لوحة الكاست التقليدية. ٣٠ مجال فى الثانية Rs-170/Rs 343 مستوى منوكروم. ٥٢٥ خط (٤٨٠ خط للرؤية) و ٢٥ مجال فى الثانية نظام بال الأكثر انتشاراً لاستخدام تردد الفيديو فى إجراءات القياس بالفيديو.

فيديو ٥٠ هـ.ت. و ٦٠ هـ.ت 50- Hz and 60- Hz Video

يمكن مضاعفة السرعة بواسطة استخدام إشارة الفيديو كمجالين منفصلين (تعبر عن مجال A، مجال B) والتى تحسب كادر فيديو واحد، فى نظام ٦٠. هـ.ت، هناك ٢٤٠ مشهد فى الخطوط الأفقية فى المجال. هذان المجالين المتداخلين للفيديو يقرران التردد عند ٦٠ مجال فى الثانية. يجب توخى الحذر عند استخدام أجهزة القياس، لأن اختلاف مجموعة حساسية الكاميرا تقرر كل مجال وهناك إزاحة بينه. يمكن تنتج هذه الأخطاء التى يمكن تسويتها بالنظام الداخلى لإعادة تركيب نقاط البعدين أو الثلاث أبعاد (جريافيز Greaves ١٩٨٦).

التداخل أو عدم التداخل فى ٥٠ أو ٦٠ هـ.ت Interlacing VS Noninterlacing at 50/60 Hz

صمم التداخل للتحضير للتسوية بين تميز الإنسان للاهتزاز Flcker وأعلى وضوح للصورة فى الاتجاه الرأسى. هذه التسوية لا تطبق فى نظم القياس بالفيديو. تأثير الخطأ الرأسى بين المجالين A, B يمكن تصحيحه بادخال معين عن طريق برنامج متداخل مناسب. أيضاً، الدائرة المتداخلة فى كاميرات فيديو معينة، بالإضافة إلى انتاج عدم التداخل أو حذف التسلسل الذى يقرر مجالات A, B من نفس مجموعة الأجسام الثابتة الحساسة.

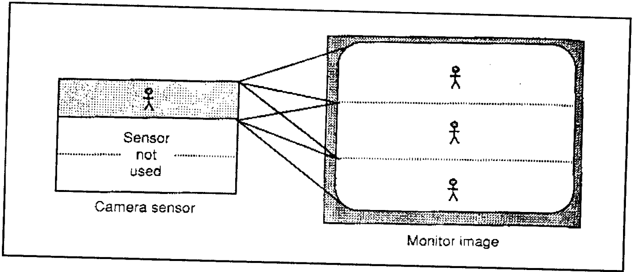
طريقة أخرى للحصول على ترددات أعلى للكادر وهى فلق أو شطر صورة الفيديو الى إطارين أو أكثر حيث يقسم الصورة إلى خطوط أفقية. كل خط يحتوى على عدد أقل من العدد الكامل للخطوط الأفقية المساعدة خلال صورة الفيديو العادية ولذلك الوضوح الرأسى يكون منفرد ومعزول. فمثلاً خلال صورة الفيديو العادية بتردد ٦٠ هـ.ت والذى يمتلك ٢٤٠ خطوط رؤية، الصورة يمكن شطرها إلى ثلاثة إطارات، كل منها ٨٠ (٢٤٠ ÷ ٣) خط رؤية كما فى شكل (١٧) الاكترونات فى هذه الكاميرات الخاصة تنسق خدمة إعادة بداية وقمة ٨٠ خط حساسية الصورة عند ١٨٠ هـ.ت، لذا يعطى ١٨٠ هـ.ت لخدمة التردد من أجل واحد لثلاث من مجال الرؤية الرأسى.

بالإضافة إلى أن عادة تفقد قليل من الخطوط فى عمليات تشغيل مفاتيح الكهرباء، وفى هذا المثل يمكن أن يكون أقل من ٨٠ خط رؤية.

الميزة الرئيسية لنظام شطر الصورة سببها التكلفة التجارية المتاحة للفيديو السريع VCRs، وشاشات العرض Monitors الممكن استخدامها. تمد الكاميرا الثابته العادية التزامن الرأسى عادة بتردد ٦٠ هـ.ت. لذا الفرد يمكنه رؤية النتائج على مستوى شاشة العرض للفيديو، وتكون رؤية تعدد الإطارات سهلة كإطارات أفقية. تنظيم تسجيلات الفيديو ووحدة إعادة العرض أيضاً تعمل من خلال هذه الإشارة لأنها تظهر كإشارة عادية ٦٠ هـ.ت.

الكاميرا غير المتداخلة تعمل أفضل من أجل هذا التطبيق أو بمعنى آخر النظام سوف يقرر ثلاث كادرات من المجال A وثلاث كادرات من المجال B فى ١٨٠ هـ.ت كما فى المثال السابق.

* * *



شكل (١٧)
شطر صورة كاميرا الفيديو السريعة وشاشة العرض ١٨٠ هـ.ت

أعلى من ٥٠/٦٠ هـ.ت Above 50/60 Hertz

ترددات الكادر أعلى من ٥٠ أو ٦٠ هـ.ت التقليدى تتطلب ترددات مجال الفيديو كاميرات غير عادية بدوائر خاصة الكاميرات السريعة High Speed Cameras من أجل بناءها (تركيبها) لهذا الغرض تكون غالبيتها غير متداخلة ومتنوعة لان المتداخلة ضد غير المتداخلة وظهرت فقط نتيجة للترددات التقليدية لمراقبة الانسجام مع بقاء ارتفاع تكلفة نوع الأجهزة. لذا، الوضوح بين كادر الفيديو ومجالات الفيديو المركبة فوق بعضها غير ممكن، وكلمة أو مصطلح تردد الإطار (الكادر) يمكن استخدامه بدون غموض، كما فى التصوير السينمائى. الكادر يعبر عن صورة كاملة أخذت عند لحظة من الزمن. يتطلب استخدام كاميرات الفيديو، والتسجيلات، وشاشة العرض من أجل السرعة العالية ما يلى:-

* القدرة على تزامن الومضات (رأسية، أفقية) عند أعلى خط وترددات الكادر.
* القدرة على إنتاج المعلومات عن المقياس الرمادى عند الترددات الأسرع لـ Pixel.

هذه المتطلبات تنتج تصميمات فردية لوظائف كل من مكونات الحاسب الداخلية Hard Ware.

كاميرات الفيديو السريعة مثل مثيلتها المنخفضة السرعة، يمكنها امتلاك منتج قياسى أو منتج رقمى. الضوء الذى يسقط على إشارة البيكسل (Pixel) فى نفس نوعى بعدى ناقل الحساسية للكاميرا يكتمل وقت ظهوره فوق حاجب العدسة ويحدد عند اللحظة الزمنية للإشارة القياسية إذا رقمت الكاميرا هذه الإشارة، إذاً فهى كاميرا رقمية digital Camera إذا كبرت الكاميرا الإشارة القياسية وارسلتها كإشارة قياسية (كما الحالة خلال Rs- 170/Rs- 343/Pal Camera)، إذن فهى كاميرا قياسية analog Camera. بيانات التيار من الكاميرا التقليدية 525/30 Hz بـ ٥٠٠ بيكسيل أفقى أمكن حسابه كما يلى:

525 Lines / Frame X 500 Pixels / Line X 30 Frames / s = 7.88 Million Pixels / s

ويكون نفس التردد من الكاميرا غير المتداخلة:

262.5 Lines / Field X 500 Pixels / Line X 60 Fields / s = 7.88 Million Pixels / s

من أجل القياسات العادية تمتلك فترات بينية فى كلا الفراغين (الرأسى والأفقى) لإعادة السرعة، الومضة المفاجئة (اللحظية) عند أى كاميرا قياسية يجب أن تحرر معلومة القياس الأخضر وتكون أعلى من الكاميرا الرقمية، ويجب أن يرسل ٥٠٠ بيكسيل (500 Pixels) فى كل خط حوالى ٨٣٪ من كل زمن الخط، لذا الومضة (الردة) اللحظية تكون ٩,٤ ميليون بيكسيل / ث (9.4 Million Pixels/s).

بيانات الومضة فى الكاميرا الرقمية أبطئ، إذا نفذت معلومة التزامن بوير منفصل أو قناة وليس فى حاجة إلى تسرب فى بيانات القناة التليفزيونية. بالنسبة للكاميرا المساوية ٥٢٥ خط، يكون المنظور ٤٨٠ وتحتاج للترقيم:

480 Lines / Frame x 500 Pixels / Line x 30 Frames /s = 7.2 Million Pixels/s

عند الثمان قطع فى كل بيكسيل (المنتشرة فى الميتوكروم فيديو (mono-chrome video، تكون بيانات الومضة كما يلى:

7.2 million Pixels /s x 1 byte / Pixels = 7.2 million bytes/ s. or 58 million bits / s

السرعة التقليدية لقنوات التليفزيون الآن تفضل فقط ١٠ ميليون Bites/ Sec للمادة الخام لاتساع الشريط، حيث أن أجدد ليفة بصرية لشبكة (المعلومات للحاسب الآلى المعمم تفصل ١٠٠ مليون بيتز/ ث (100million bits/ s) ويمكننا رؤية لماذا الفيديو الرقمى لم يعمم كشكل قياس، بسبب الرخص النسبى للكابل ذو الموصلين وإماكنية تحمله آلاف الميجاهرتس للمعلومات القياسية. هذه الحالة سوف تتغير فى العشر سنوات القادمة عندما تحل القنوات التليفزيونية الرقمية بالتدريج محل متوسط القياس التقليدى. استعداد النقل الرقمى والرسومات والألياف البصرية اكتسبت استثناء فى صناعة التليفون للنقل لمسافات بعيدة بين شبكات المعلومات اتساع الشريط الصوتى للتليفون يستخدم ٦٤ ألف بيتز/ ث (64,000 bits/s)، حيث تكون فى حجمها ثلاث أمثال أصغر من التى فى الفيديو مونوكروم.

حدود العامل فى تصميم الكاميرات ذات السرعة العالية هو الومضة التى عندها يمكن نقل معلومات grey- sclpixel من رقيقة ناقل الإحساس، سواء كانت الكاميرا على شكل قياسى Analag أو رقمى digital.

إذا تمكنت الرقيقة من تحريك المعلومات عند 7.2 Million Pixels / s x 4. or 28.8 million Pixels / s then a 30 x 4 = 120 - Hz Full Frame (480- Line) Camera Can be built.

* * *

منتج الكاميرات المتوازنة Parallel Output Cameras

يمكن زيادة حدود سرعة ناقل الحساسية للكاميرا (حوالى ٣٠ مليون بيكسيلز / ثانية) عن طريق تطوير ناقل الحساسية للكاميرا الذى يمتلك أكثر من فتحه واحدة لإنتاج الضوء. كمثال، إذا شطر مجال الصور للكاميرا ٣٠ مليون بيكسل / ث (Mpixel /s) إلى ثمانية خطوط رأسية أو أفقية، لكل منها منتج لانتاج الضوء، عندئذٍ تأثير اتساع شريط الكاميرا يمكن ضربه فى ٨, لذا، تنتج الكاميرا ١٢٠ هـ.ت ٩٦٠ هـ.ت (١٢٠ هـ.ت × ٨)، أو ٩٦٠ كادر كامل للصور/ ثانية. وهذا مثل الإنتاج المتوازى للكاميرا الذى بنى وطور صور الفيديو السريع. الاستعداد المسبق الخاص يجب عمله لتسجيل ورؤية ناتج تلك المنتج للكاميرات المتوازية، حيث أن المسجلات وشاشات الفيديو العامة لها قناة واحدة فقط.

مثل كاميرات الفيديو العادية ٣٠/ ٦٠ هـ.ت كسبت بيكسيل أفقى كثير، ناقل الحساسية ومساعدته الاكترونية تتطلب اتساع شريط أعلى لمجابهة متطلبات العدد الأعلى للبيكسيل. كمثال، إن كاميرا ٥٠٠ بيكسيل أفقى تشير إلى أكثر من ١,٠٠٠ بيكسيل، إذن يكتسب اتساع شريط التسجيل أرقام تفوق ضعف ٧,٨٨ × ٢ أو ١٥,٨ ميليون بيكسل / ثانية.

* * *

مسجل سريع ـ وحدات إعادة العرض *High - Speed Recorder - Playback Units*

هناك أيضاً حاجة إلى وحدات تسجيل وإعادة عرض خاصة واتساع شريط لشاشة العرض لتطبيقات الفيديو السريع، وهى غير منتشرة لتكلفتها الباهظة ومع ذلك تنتج تلك الوحدات العالية الأداء فى أحجام صغيرة وتكلفة أكثر من مثيلتها المنخفضة السرعة، ومازال هناك نوعين لميكانزم التسجيل وإعادة العرض الخاص والتى تم تطويرها من أجل التسجيل المرتفع السرعة.

خصائص سرعة التسجيلات *Proportional Speed Recorder*

مسجل الفيديو كاست (VCRs) القادر على تسجيل سرعة الفيديو العالية يتعذر الحصول عليه لارتفاع ثمنه عن الكاميرات المساعدة، أحد البرامج المستخدم فى تسجيلات السرعة العالية ميكانزم تسجيل الدوران الداخلى (شريط، رأس التسجيل، رسم) عند أعلى السرعات. لذا من أجل تسجيل ١٨٠ كادر/ ثانية، منتج الكاميرا (مخرج الكاميرا) يجب أن يكون ١٨٠ كادر/ ثانية والمسجل «يصور» أى خصائص Rs - 170/ Rs - 343 يستقبل إشارة باستخدام شريط عادى مصنع بثلاثة أضعاف السرعة العادية. جميع أزمنه انتقال البيانات وومضات التزامن تكثف بواسطة العامل ٣.

شريط التسجيل وأدنى شريط يجب يمتلك سعة تسجيل عند أعلى تلك الترددات، والتى ستكون ٣ × ٧,٢ ميليون بيكسيل/ ثانية، أو ٢١,٦ ميليون بيكسيل/ ثانية، من الكاميرا ٠ هـ.ت، ٥٠٠ بيكسيل أفقى. صممت آلة التسجيل لإنتاج ٣٠/ ٦٠ هـ.ت لتكثيف الشريط العادى، كماركة VHS أو S- VHS. إذا عرض الشريط فى VCR عادى وحدة إعادة العرض عند ٦٠ مجال/ ثانية، تظهر الصورة بطيئة على شاشة العارض العادية.

مجرجات أو مدخلات التسجيلات المتوازية *Parallel Input / Out Put Recorders*

من أجل السرعة الأعلى للتسجيل - إعادة العرض من مخرجات توازى الكاميرات. تحتاج إلى مسجل للمدخلات / المخرجات المتوازية. كل فتحة ضوء منتجة من الكاميرا السريعة (الذى يصف كل جزء من جميع الصور).

تساعد من خلال قناة التزامن من خلال انتشار (امتصاص) شريط التسجيل لتسجيل الفيديو لهذا الجزء. الشريط الخاص خلق للمخرج المتوازى للقنوات. ولاعادة عرض الشريط، ميكانيزم إعادة العرض تقرأ كل قناة، قبل إعادة تجميع الكادر الخاص، والشرائح لكل كادر كامل، وإعادة عرضها على شاشة العارض.

شاشات العرض السريعة *Hight - Speed Monitors*

وظيفة شاشة العرض فى نظام القياس بالفيديو هو إظهار المعلومات التى يحتاجها المستخدم للتأكد من نوعية الصورة من أجل الترقيم أو التسجيل. هل البعد البؤرى للعدسة موضعه صحيحاً؟ هل توقيف موضع البعد البؤرى صحيح الإضاءة؟ هل مجال المنظر صحيح لجذب جميع الوحدات المسجلة أو المرقمة؟ ولأن الترددات العالية للكادر لا تحتاج لهذا، شاشة العرض العادية ٣٠/ ٦٠ هـ.ت يمكن تستخدم بمفردها مع الكترونيات مناسبة لخفض تيار السرعة العالية للصورة من الكاميرا - مثال: سرعة الضوء «لنزع الكادر» الجاذبة للصورة من الكاميرا وإعادة عرضها على شاشة عرض عادية ترددها ٣٠/ ٦٠ هـ.ت فى الكاميرا السريعة ١٨٠ هـ.ت، الصورة الواحد تجذب وتعرض على شاشة عرض ٦٠ هـ.ت بينما الصورتين التاليتين يهملوا (يتركوا).

شاشات العرض السريعة High - Speed Monitors التى تعرض كل كادر للكاميرا على CRT دخلت فى العمل من آجل تطبيقات معينة، وأيضاً هى عادة قليلة وأكثر تكلفة من مثيلاتها المنتشرة ٣٠/ ٦٠ هـ.ت المنعكسة الاجراء.

حتى هذه اللحظة هناك تطور عظيم ومستويات كثيرة فى عملية تكثيف الوقت الحقيقى للفيديو والإشارات السمعية.

مجموعات المستويات الدولية دفعت المستوى التجارى المتميز للتكثيف الخاص للصورة. (مجموعة خبراء تصوير المفصل).
(JPEG) (Joint Photographic Group)، مجموعة خبراء الصور المتحركة)
MPEG (Motion Picture Exerts Group) قسمت إلى نظام المستوى الدولى
ISO (International Standards Organization والعمل مع مجموعة المستويات الدولية الأمريكية American National) . . . إلخ.
(Ansi Standard Group . . . . إلخ.

والهدف الأول لحالات العمل هو جعل قيمة مكونات الحاسب الآلى قادرة على ترقيم "VCRs" ولكن هذا التكثيف لتكنولوجيا الفيديو ربما لا يصبح أداة لنظم مسار الحركة خلال البعدين والثلاثة أبعاد بـ ٣٠/ ٦٠ هـ.ت، لأن برامج تكثيف الفيديو تسوى النوعية ونظافة التكثيف وعدم تكثيف الصور لدرجة أن انجاز اتساع الشريط يقل (رابينى Rabbani وجونيس Jones ١٩٩١) هذه المميزات كانت عكس الاحتياج إلى أكثر دقة وأعلى سرعة فى قياس الإحداثيات Z, Y, X .

تدل عمليات الفيديو عامة على الآلة التى تقوم بالعمليات الصناعية أو تعديلها للزمن الحقيقى لاشارة الفيديو بأى من طرق القياس analogy أو الترقيم Digital أو بعض التركيب منهما. عمليات الفيديو لقياس النقاط فى ثلاث أبعاد فى الفراغ تختلف تماماً فى بنائها وأدواتها عن عمليات الفيديو الذى وظيفتها طبع الصورة أو تغطية معلومات أكثر لعين الإنسان.

لذا بذل جهد كبير فى سبيل تطوير عمليات الفيديو أولاً لرؤية المخرجات. واختلفت عمليات الفيديو من أجل متطلبات القياس عن تلك العمليات من أجل رؤية الصورة.

يشتمل العمل فى أكثر أنظمة عملية صنع الصورة على:

(١) الصورة أو تمييز النقط السوداء : التى تكون كهدف (أو علامة) وما ليس هدف (الخلفية المحيطة بالهدف).

(٢) موضع الهدف فى الكادر المقرر، مع إقرار أعلى دقة ممكنه يسمح بها النظام : معظم أنظمة تحليل حركة جسم الإنسان أهدافها واحدة، مثل إيجابية عاكس الضوء الخلفى للنقاط أو الأجسام الكروية، ونظم أخرى لرؤية الحاسب الآلى لم تظهر هذا الاسراف. التعاظم التعاونى فى الهدف يسهل عمل تنظيم الصورة، لأن الأهداف يمكن صنع طبعها بكثرة عن الخلفية المضاءة. هناك تحفظ نحو هذا المدخل ربما يكون التقيد بالإضاءة. (من الصعب جداً الحصول على التوفيق بين إضاءة الخلفية والهدف عند التصوير خارج الصالات، وبعض المسابقات مثل مسابقات العاب القوى لا تسمح بالتصوير داخل الصالات).

ربما تسهل العلامات الأعلى تشبعاً بالالوان تحديد الهدف- الهدف قليل الوضوح- عدلت تجارياً مستويات الفيديو الملون من كلا النظامين NTSC ، PAL مبكراً إلى مستوى المنوكروم، وأضاف كلاهما اتساع شريط الفيديو الملون.

والتصميم ميز بين ما هى المناظر الجيدة لعين الإنسان وما يمكن توقيعه خلال اتساع الشريط المتاح لقنوات النشر، لذا الفيديو الملون إذا كان مجبراً على تحمل تحويل رموز بخلاف تلك الرموز المحمل عليه سوف تعريه عند إعادة إيضاح الصور الملونه - تكون نوعية الصورة بدرجة مماثلة للتسجيل الملون على شريط الفيديو. وكذلك طرق وأساليب التسجيل الملون وتمثيل إعادة العرض المتنوعة حول اختلاف شكل الشريط.

من خلال عمر الكاميرا الملونة، توقع تأثير استخدام معلومات الفيديو الملون طورت كثيراً، وبخاصة مخرجات الكاميرات الملونة القياسية RGB (أحمر، أخضر، وأزرق) المتاحة، ولكن تلك الكاميرات تتطلب زمن حقيقى للعملية لأن أجهزة التسجيل لقياس RGB ليس متاحة عامة. خروج الأشعة المنفردة الحمراء، الخضراء، والزرقاء من الكاميرات القياسية، التى عامة تمتلك اقلال الوضوح الأفقى، خروج ثلاثة أشعة من الكاميرا الملونة، عادة تستخدم فى الاستديو، لذا فهى تعطى وضوح أفضل من كاميرات الاشعة المفردة، وهى عامة لا تمتلك نقاط متداخلة، وهى أيضاً باهظة التكاليف.

بالإضافة إلى نوع RGB لكاميرات الفيديو الملونه، نموذج تدرج اللون، والتشبع، والتألق HSL (hue, Saturation, Luminescence) أيضاً سوف يحول الرموز من الكاميرا. هذا النوع من الكاميرا ربما يكون مفضل، لأن تدرج ألوان مسار الهدف ربما يكون أصدق من جزء من قيم اللون الأحمر، الأخضر، الأزرق.

فى سنة (١٩٨٠م) معظم الأبحاث المعملية لحركة جسم الإنسان عملت برامج مفصلة للحاسب الآلى عند المستوى الذى يتطلب معلومات عن تصنيف دوائر الرسم، السلاسل، المكتبات واستخدام نظام العملية، وبالطبع هذه أيضاً غُيرت. فى مجال تحليل خطوة المشى لجسم الإنسان، ومجموعات عادية نشرت لمجموعات الأعمار السنية من الطفولة إلى المراهقة. برامج القياس وتكامل القوى لنشاط جهاز قياس القوة العضلية الكهربائى EMG ، وكينماتيكية وكيناتيكية الأبعاد الثلاثة أصبحت فى متناولنا تجارياً- برنامج نموذج جسم الإنسان، استكمل من خلال كتل الاجزاء والخصائص الداخلية، قادت إلى قياس لف الحركات وتفاصيل حركات الرجل. وربما يكون برنامج تحليل خطوة المشى أكثر دراسة. ويميل الاتجاه فى العشر سنوات السابقه نحو العمل لاشتراك برنامج خاص فى جميع مجالات معرفة جسم الإنسان ويكون واضحاً فى تحليل الحركة، وفى كل برنامج المكون الخطير هو مسارات حركة أجزاء الجسم.

الزمن الحقيقى لأثر الأبعاد الثلاثة *Real - Time 3 - D Tracking*

المشكلتين اللتين يجب أن تحلا إنجاز الزمن الحقيقى لأثر الأهداف فى الأبعاد الثلاثة هما (١) الزمن الحقيقى للاثر فى اتجاهين، عند الحصول على تماثل الهدف، (٢) الزمن الحقيقى للانتقال من البعدين إلى الأبعاد الثلاثة.

* * *

يشتمل الزمن الحقيقى للأثر على إيجاد متوسط مركز العلامات وعندئذ يليه مسارها فى مجموعة إطارات (كادرات) الصور. تحسب متوسط المراكز مراكز الهدف، والمسارات هى وضع متوسط المراكز حيث يحفظ تماثلها فى الكادرات الناجحة. لذا، متوسط المراكز وجوده مستقلاً، ويحدد حسابه فى كل كادر فيديو، حيث أن المسار يتميز بمجموعة أجزاء متوسطة المراكز خلال الزمن. الزمن الحقيقى لمتوسطات المركز حسابه أسهل من الزمن الحقيقى للمسارات ويمكن حسابه لأشكال هدف يسيطر لعدد صحيح لمستوى مكونات الحاسب الداخلية Hardware والبرنامج Software (فورنى Furneé (١٩٨٩م)، أعطى حساب جيد لتقويم الزمن الحقيقى لجملة متوسط المركز) مشكلة حساب المسارات لتحديد متوسط المراكز فى الزمن الحقيقى يمكن حلها عن طريق رسومات بسيطة للهدف، ولكن تلك تحقق فى الحالات التى فيها الأهداف المتعددة ربما لا تظهر أو تدمج فى كل من مجال الرؤية فى الاتجاهين فى الكاميرا المفردة.

تهدف الطرق المتعددة للحصول على هدف مطابق لكل كاميرا فى الاتجاهين إلى:

* حل (مشكلة التوافق» Correspondence Problem بواسطة البحث عن السبب المعقول لتقاطع الأشعة من الكاميرتين أو أكثر.

* استخدام أحجام مختلفة من العلامات لتسهيل التحديد.

* استخدام ألوان مختلفة للعلامات.

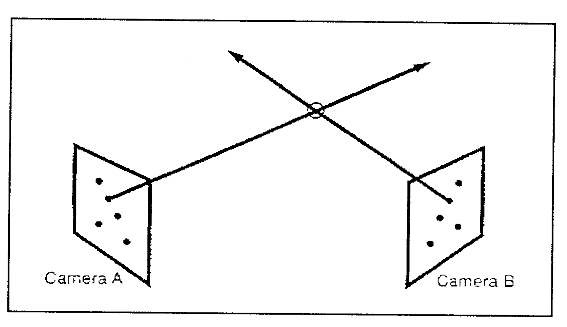
* استخدام نشاط LED للأهداف من خلال «الصورة المميزة» ويلسون Wilson (١٩٨٦م).

فى نظم قاعدة الفيديو، تطابق الهدف فى كل كاميرا غير معروف عامة، باستثناء العاملين فى ميكانيكا جسم الإنسان سموا وحددوا مسارات الهدف فى منظر كل كاميرا.

عامة أعاق هذا عملية الزمن الحقيقى. اتجاه واحد لمعرفة أى الأهداف فى الكاميرا A مطابق للأهداف المرئية فى الكاميرا B، وهو رؤيتها إذا شطرت أشعة مركزها المتوسط كل منها للأخرى فى مكان القياس انظر شكل (١٨).

تصوير بدأ الأشعة عند متوسط مركز أى صورة فى الكاميرا يكون خلال مرورها فى البعد البؤرى لعدسة الكاميرا. إذا رأت كاميرا أو كاميرتين نفس النقطة، عندئذ تطابق أشعتهما سوف تشطر أو تمر كل منهما بالأخرى تماماً. ويلاحظ أن هذه الطريقة لتحديد الأهداف لا تتطلب معرفة مسبقة لتحديد أو باسم لمتوسط المراكز للهدف فى البعدين وهى تكون لذلك ثابتة من أجل السرعة المعقولة لمسار الهدف. ومع ذلك، ربما لا تحلل لأن هناك الكثير من نقاط الهدف التامة. أخيراً المستخدم سوف يرغب فى إعطاء مسار الأبعاد الثلاثة أسماء (الكتف، المرفق، . . . إلخ)، ولكن سواء هذه أنجزت قبل بداية المسار أو بعد إتمام المسار لا تؤثر فى نوعية البيانات. ربما يكون هناك بعض التحديدات لرؤية المسار المنتج، باستخدام اختراع مثل الرسم التخطيطى للرجل Stick - Man Diagran.

إذا عرف مطابقة الهدف عند بداية المسار، عندئذ يمكن رسم الرسم التخطيطى كناتج للمسار لأن السلسلة أو الحلقات بين الأهداف فى الرسم التخطيطى تكون حددت (مثل المقعدة متصلة بالكتف، والكتف متصل بالمرفق، المرفق متصل بالرسغ. . الخ).



شكل (١٨)
شطر أشعة متوسط المراكز فى الأبعاد الثلاثة فى الفراغ من الكاميرا

اختلاف أحجام الأهداف *Different - Sized Targets*

اختلاف أحجام الأهداف يمكن استخدام فى التعرف عليها، وهى مفيدة فى حالات خاصة فى مسار الهدف فى كلا البعدين والثلاثة أبعاد إلا أن تقيدها فى حالة تعميمها. غالباً حجم العلامة يميل إلى تغيرات أخرى (مثل الثلاث علامات مناسبة لتحديد قدم الشخص) يمكن إعطاء بعض المساعدة الجبرية للمسار عن طريق احتفاظ البرنامج لمسار حجم العلامة ديناميكياً (ديناميكية الحجم). عندئذ يمكن للبرنامج ترك الأهداف عند دمجها، وتحول التيار عن طريق زيادة مفاجئة فى حجم الهدف. . وبطريقة مماثلة (مع ذلك)، إذا أصبح الهدف متشبعاً جزئياً من نقطة الرؤية فى الكاميرا، ويظهر حجمه أكثر، يمكن ترك صورة هذا الهدف.

* * *

تلون الأهداف *Colored Targets*

استخدام اللون من أجل تحديد الهدف ممكن نظرياً، ولكن يكون هذا معقداً عن طريق التحويل للرموز المتسخدمة فى مستوى إذاعتها وتسجيل الفيديو، السابق الإشارة إليه.

النشاط الكهربى للعلامة *Active - Marker Strobing*

نشاط العلامة (أو الحزمة الضوئية) أسست على نظم التعرف على الأهداف فى مكونات الحاسب الداخلية ***Hardware*** الحزمة الضوئية الواحدة ***(LED)*** فقط هى المعطاه عند أى لحظة.

هذا الترف غير موجود فى نظم تأسيس الفيديو لأن جميع هذه الأهداف تتألق على أوفى كل كادر فيديو (إذا كانت مرئية)... ومع ذلك نظم نشاط الهدف تلك غير مميزة لما يلى:

(١) لاتوجد صورة فيديو لرؤيتها أو تسجيلها.

(٢) يتطلب نشاط العلامات أسلاك لأجل القوة والتزامن من المصدر الرئيسى.

(٣) حساسيتها العالية لتمزق رد الفعل، إمكانية إعطاء ظهور الهدف فى مكانين أو أكثر فى مجال رؤية الكاميرا.

* * *

انتقال الزمن الحقيقى من البعدين إلى الأبعاد الثلاثة

2. D to 3. D Transformations in Real Time

بمجرد التعرف الصحيح على الأهداف فى كاميرا لرؤية البعدين (2.D) تشكيل إحداثيات الأبعاد الثلاثة يعرض فى الشريط المطابق للأهداف فى جميع الكاميرات لقيم الأبعاد الثلاثة Z, Y, X. يعنى مطابقة الأهداف مجموعة نقاط

الصورة فى البعدين فى الكاميرا التى عرضت على مدى الهدف المستقل. من خلال أى تكنيك مثل الانتقال الخطى المباشر (عبد العزيز وكرارا Abdel Aziz & Karara (١٩٧١م) والتون Walton (١٩٨١م) الانتقال هو التقدم فى خط مستقيم نظرياً ويمكن تحويله إلى نقاط غير متصلة متعددة عملياً لكل كادر فى كل هدف. ومن خلال هذه الإمكانية تخرج سرعات عالية لحساب المقاطع.

آثر بدون عكس ضوء العلامات *Tracking Without Reflective Markers*

أصبح استخدام عكس ضوء العلامات لسببين هما:

(١) لأنها تسمح بدقة ونقاء العلامة لأى نقطة تركز عليها فى جسم الإنسان أو جسم آخر.

(٢) أنها تظهر التباين العالى جداً ضد الخلفية، والذى يجعل عمل تطوير عمليات الفيديو ومسار البرامج أسهل.

ربما السبب الثانى لم يظهر خلال التقدم فى اللون والشكل المميز للبرنامج والقرص. نقطة سبب التركيز على استخدام العلامات سوف تظل قائمة.

كما أنه من الصعب على عين الإنسان المدربة تدريباً عالياً ونظام توقع الإنسان تحديد نقطة صغيرة كنقطة مفصل الكتف أو مفصل المرفق بدون أى علامة. أيضاً نظم الحاسب الآلى لايمكن توظيفها بدون العلامات. ومع ذلك فى المستقبل، ربما الآلة يمكن أن تتعلم شكل وتكوين مسار الهدف وكيف تنتقل هذه الصورة من رؤية مختلفة للرسم المنظور.

إذا حدث، الحاسب الآلى أيضا سوف يمكنه تقدير ست درجات حرية للمعلومات حول حركة الجسم فى نفس الطريق التى حدثت لنظام رؤية جسم الإنسان. كيف تقارن دقتها من حيث تيار الشبكات التى يستخدمها الأهداف، إعلانها صعب (أو تحولها صعب).

شكل الاثر : ديناميكا الميرفولوچى *Shape Tracking: Dynamic Morphology*

يدرس الميرفولوچى حجم وشكل الأفراد. تستخدم ديناميكا الميرفولوچى القياسات التقليدية (مثل المساحة area، المحيط Perimeter، أطوال المحاور الكبيرة والصغيرة Lengths of Major and Minor axes، الشكل المصنف لبعدين (2. D Shape Classfiers).

الأثر خلال الزمن Tracked through Time. يتطلب هذا أن يكون محيط أى شخص يختلف عن خلفيته. أسهل وأكثر الطرق مشقة لتمييز الفرد يكون بواسطة التباين: الفرد يجب أن يكون إنما مضاء أو معتم أكثر من خلفيته، التى تسمح باستخدام عمليات تكنيكات التصوير الثنائى. وفى هذه الحالة يمكن حساب متوسط المراكز للأفراد من محدداتها، كما يحدث فى الثنى الخلفى للأهداف. أثرت متوسط المواكز فى زمن ووصلت بمسارات. ولكن المعلومات عن الشكل أيضا تحفظ ويمكن رقرارها عند كل لحظة. لأجل التحول لعدم ثنائية الصور، الطرق مثل طريقة حدوث مستوى هادىء (GLC) لتفاعل المصفوفة يمكن استخدامها. النتائج المعقولة المميزة للهدف اقرت استخدام تلك التكنيكات (تريفيدى Trivedi وهارلو Harlow (١٩٨٥م)، ولكن هذه التكنيكات تتطلب محطة فرعية لحساب إعادة المصدر من أجل كبر، ارتفاع تحديد الصور.

قيمة الاداء وقيمة الاثر *Volume Rendering and Volume Tracking*

إن تغير شكل الأهداف يمكن تأثيره على الزمن، عندئذ المناظر المتعددة بالكاميرا للهدف يمكن تعطى معلومات قياسية عنها. استخدمت طرق فنية مختلفة لحل هذه المشكلة، اشتملت على استخدام تركيب الضوء (مثل فرشة ضوء) مع حساسية كاميرا الفيديو، آليات أشعة الليزر المنفردة، أو المتعددة الحساسية لتسليط التسارع، والمتمسكة بقواعد القياس ـ الأخضر للفيديو. فى أبسط الحالات، الهدف المنفرد تألفه يكون إما مضىء أو معتم عن خلفيته. حيث أن كل كاميرا ترى تفاصيل الخطوط الخارجية أو صورة لمحيط الهدف التى منها حسب القيمة. عملياً هذا النوع من التألق صعب المجازه.

الطرق الفنية لقياس الأبعاد الثلاثة لحركة جسم الإنسان أخذت خطوات واسعة منذ عام (١٩٧٠م) طورت الأقراص Hadwares، البرامج Softwares، وفهمنا أصبح أفضل لنظم الأبعاد الثلاثة، وشمل معايرة أجهزته ومعداته وأثر الأهداف فى الأبعاد الثلاثة الفراغية. بالإضافة لذلك التقدم فى كلا الوسائل والبرامج المستخدمة. بقيادة الحاجة إلى انتشار قاعدة التطبيقات التى يجب أن تؤدى بالقياسات الأكثر فاعلية وبواسطة الأداء المرتفع جداً للمرئيات الالكترونية وتكنولوچيا البرامج أصبح كل ذلك ممكناً.

وحدثت طفرة فى الوسائل المرئية نحو التقدم: الأشكال التخطيطية أعطت إعادة عرض المسار، أولاً الإطارات السلكية: الآن كل اندماج لإعادة العروض بوسائل وتكنيكات الحاسب الآلى لصناعة الرسوم المتحركة، والرسم البيانى لإعادة إعداد حركة جسم الإنسان من خلال صور حساسية الأجسام الثابتة (Solied bodies) بالانعكاس الضوئى، والظل، اللون، وتركيب الأسطح. مع حقيقة العوامل الصناعية، أجزاء حركة جسم الإنسان سوف «تعمل خارج» النطاق الطولى لخصائص الأفلام الملونة فى المستقبل القريب، ارتفاع حدود التليفزيون (High - definition Television. HDTV) تحركت من المعمل فى العالم إلى حركة تطبيقات الحاسب الآلى (العقل الالكترونى). ربط ١٠٠٠×١٠٠٠ بيكسيل فى كاميرات الفيديو الملونة، وتركيب عمليات الفيديو السريعة سوف تكون أنسب لاستخراج الدقة للإحداثيات Z,Y,X ورؤية عمليات الفيديو من أجل انتزاع الصورة من أى بيانات أصبحت تحت السيطرة. بالنسبة لدقة موضع النقاط، وشكلها، وقيمها فى التحرك فى الأبعاد الثلاثة الفراغية من الكسر العشرى الثالث فى المكان إلى الرابع والخامس فى الأمكنة، وبخاصة تطبيقات البرامج المعنونة الأنشطة المشتركة فى الرياضة، الطبية Medical، علم الحياة Life Sciences، عسكرى military، التطبيقات الصناعية industrial applecations.



1 - Abdel Aziz, Y. L. & Karara, H. M. (1971) Direct Linear Transformation From Comparator Coordinates into Object Speed Coordinates in Close - range photogrammetry. Proceedings of the Symposium Closs - Range photogrammetry. (pp. 1-18). Falls Church, VA: American Society of photogrammetry.

2 - Fernée, E. H. (1989). TV/ Computer Motion anglysis Unpublished doctoeral dissertation Delft University of Technology, Delft, Holland.

3 - Graves, J.O.B. (1986) State of the art automated Motion Tracking and analysis Systems, Proceedengs of Society of photogrammetry and Instrumentation Engineers, 693, 277 - 281.

4 - Rabbani, M, & Jones, P., (1991) Digital image Comperssion Techniques. Bellingham WA: Society of photogrammetry and Instrumentation Engineers (SPIE) Optical Engineering Press.

5 - Triredi, M.M., & Harlow. C.A. (1985), Identification of Unique Objects in high - resolution aerial images. Optical Engineering, 24 (3) 502-506.

6 - Walton, J.S.W. (1981) Close - ronge Cine - photogrammetry: A gen eralized technique for guantifying gross human Motion. Unpublished doctoral dissertation, Pennsy Lvania State University, University Park. P.A.

7 - Wilson, R.S.W. (1986) Software for outomatic Tracking of Moving Targets in three dimensions. Proceedings of the Society of photogrammetry and Instrumentation Engineers (SPIE). 693, 206-276.

الباب الرابع

النظم التى تعتمد على الوسائل الالكترونية البصرية

Optoeletronic - Based Systems



يتناول هذا الفصل استخدام أجهزة الإحساس أو الرصد البصرية للحصول على معلومات مترابطة فيما يخص حركة الإنسان. وتتضمن هذه النظم عدة مزايا لأنها تعتمد على مبادئ بصرية (غير مباشرة) يمكن تشغيلها أتوماتيكياً بصورة سريعة ودقيقة دون الحاجة لتدخل الإنسان. والتطور السريع الذى تحقق فى هذه النظم أسفر عن ثورة حقيقية فى مجال تحقيق حركة الإنسان خلال الفترة الحالية (بيدوتى Bedotti ١٩٩٠م).

وأول النظم الاوتوماتيكية لقياس الحركة كانت تعتمد على جهاز Electro-gonio meter (المنقل الاتوماتيكى) أو قياس الزوايا الاتوماتيكى لاجزاء الجسم. وقد شكل ذلك عدة مشاكل معروفة فى تقييد الحركة والذى لا يسمح الا بقياس الزوايا الموجهة لأجزاء الجسم وفى منتصف السبعينيات ظهرت أول النظم التى تعتمد على تصوير كاميرا الفيديو وكانت هذه النظم تكشف عن محددات الحركة النشطة أو غير النشطة على أساس البريق الناتج عنها. (شينج cheng وكوزيكانانى Koozikanani وفاتشى Fatchi ١٩٧٥م - فيزى Fuzee وآخرون ١٩٧٤م - جاريت Jarrett اندرو Anderw وبول Poul ١٩٧٦م - وينتر Winter وجرينلو Greenlow وهوبسون Hobson ١٩٧٢م).. ولهذا كان يجب أن تكون المحددات أو العلامات أكثر بريقاً من غيرها فى الصورة حتى يسهل ملاحظتها عن طريق الضبط المسبق لإشارات الفيديو. والكشف المبدئى يتطلب عناية كبيرة لتجنب ظهور أشياء أكثر بريقاً فى الصورة. وهكذا فقد تم استخدام علامات كبيرة نوعاً لزيادة مقدار الطاقة التى تعكسها أو تنبعث منها وهذه العلامات الكبيرة تقلل من المسافة المسموح بها بين الأشياء. ودقة مثل هذه النظم يحددها مدى ثبات أجهزة الإحساس (الرصد) لأن المعلومات الموجودة بالصورة تنتقل فقط من خلال اللونين الأبيض والأسود بعد الضغط المسبق.

وأحدث هذه النظم التى ظهرت فى منتصف الثمانينات يعتمد على استخدام أساليب إدراك نمطية للكشف عن العلامات وبهذا تتغلب على عقبة

النظم التى تعتمد على الضبط المبدئى. . أولاً: فإن استخدام أساليب التعامل مع الصورة يسمح بالكشف عن العلامات فقط فى حالة ملاءمتها للشكل المحدد مسبقاً (فيريجنو Ferrigno، بورغيس Borghese وبيدوتى ١٩٩٠م، فيريچنو وبيدوتى ١٩٨٥م). . وهكذا فإن حساسية الكشف تصبح عالية إذا ما قورنت بنظم الضبط المسبق السابق ذكرها. . ثانياً: تمكننا هذه النظم من استرجاع العديد من المعلومات الخاصة بوضوح العلامة من خلال استخدام جميع درجات اللون الرمادى وهذا ما يزيد من فعالية هذا النظام.

الفصل الأول

المكونات الرئيسية لنظام قياس الأبعاد الثلاثة

Prinicipal Components of A3 - D Measurement System

الفصل الأول

المكونات الرئيسية لنظام قياس الابعاد الثلاثة:

هناك ثلاثة أبعاد لقياس حركة الإنسان قد تم إخضاعها للكشف فى مسارات لعدة نقاط تحدد أوضاع أجزاء الجسم. فالشكل (١٩) يشير إلى عدة أجزاء فى نظام الثلاثة أبعاد. وهناك مستويين للتشغيل يمكن تمييزهما على أساس مدى سرعة أو تعقيد التنفيذ.. المستوى الأول أو المنخفض يستخدم لجمع مركبتى البعدين لعدة علامات فى إطار كل جهاز.. فى النظم الاتوماتيكية يتم أداء هذه المهمة فى نفس الوقت أما مدى تعقيد التعامل فيعتمد على الأساس المستخدم فى الكشف عن المركبات وهذا بدوره يؤثر فى مستوى الاداء العام للنظام.

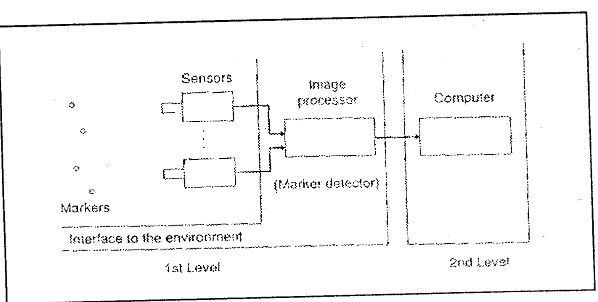
ويمكن تقسيم المستوى الأول لجزئين الجزء المشترك مع البيئة المحيطة والذى يشمل مجموعة من العلامات وجهاز الرصد بالصورة مع جهاز التعامل مع الصورة.

والمستوى الثانى المرتفع يستخدم فى التعامل مع العمليات الأكثر تعقيداً والتى يتم تشغيلها على On Line أو الـ Off Line. وهى تشتمل على معايرة الثلاث أبعاد والتشويش، والتصحيح وإعادة بناء الابعاد الثلاثة والتنقية الرقمية، التصميم وبيان المعلومات. أما التعامل مع البيانات الخاصة بالميكانيكا الحيوية مما يشتمل على القوى ونظام الالكتروميوجراف EMG فيتم أيضاً أداؤها ضمن هذا المستوى. ويتم أداء المستوى الثانى عادة على أجهزة الكمبيوتر ذات الأغراض المتعددة.

تم فى الفصل السابق وصف العلامات المباشرة (والتى تصدر عن قدر معين من الطاقة) و(العلامات غير مباشرة). والأجهزة التى نناقشها هنا هى أجهزة اليكترونية بصرية والتى تتيح القياس دون اتصال مباشر.. إنها عبارة

عن كاميرات فيديو (سواء من النوع المميز أو العادى) أو صورة ثنائية بتأثير جانبى أو مجموعات خطية.

ويلعب جهاز معاملة الصورة أو الكاشف عن العلامات دوراً هاماً فى تحديد مدى دقة النظام بأسرة. النظم الاتوماتيكية عادة ما تتم على Hard ware ويمكن أن تعتمد على عدة مبادئ تتراوح ما بين الكشف المبدئى البسيط وإجراءات الإدراك النمطية.



شكل (١٩)
التركيب العام لمحلل الحركة فى الأبعاد الثلاثة

العلامات المباشرة أو غير المباشرة : Passive or Active Markers

عادة ما تصنع العلامات المباشرة من ورق عاكس للضوء وهى تحتاج للتزويد بالطاقة من أجل زيادة درجة التناقص واللمعان بالنسبة للخلفية ويمكن زيادتها من خلال استخدام جهاز قياس سرعة الدوران أو التردد لتسهيل عملية تمييز العلامة. أم العلامات غير المباشرة فهى أقل ظهوراً ولكنها تتطلب نظام معاملة معلومات أكثر دقة وذكاء.

فالعلامات المباشرة عادة ما تتكون من مناطق ذات طاقات منخفضة (واحد واط 1.w) وصمامات ثنائية تنبعث منها الإضاءة (LEDs) وينتج عن ذلك

مشاكل تتعلق بالشكل المخروطى الذى تتردد داخله وتعكس شدة الإضاءة التى تضمن معدل مقبول من الإشارة والتشويش.

أنظمة صمامات الإضاءة الثنائية : Light - Emitting Diode Systems

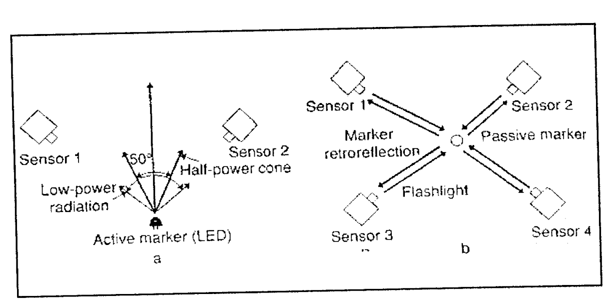
تتطلب العلامات المباشرة وجود موارد طاقة خارجية، وبالرغم من استخدام مصابيح الضوء الغامر كعلامات مباشرة (شينج وآخرون ١٩٧٥م) إلا أن LEDs تستخدم حالياً فى هذا المجال ويكون طول الموجة المرئية للاختيار فى هذه الأجهزة ضمن الأشعة تحت الحمراء (JR) Infrared بقدر يتجاوز mm 2000 بقدر ضئيل وذلك من أجل تفادى إزعاج رؤية الشخص أثناء بقائه فى مدى حساسية الأجهزة.

والميزة الرئيسية فى العلامات المباشرة هى سهولة تصنيعها أو تمييزها التى سيرد وصفها فيما بعد أيضاً ارتفاع مستوى الاختبارات عند استخدام علامات قليلة ولكن على أية حال أن استخدام هذه النظم لا يخلو من المشاكل.

* فهى تحدث إعاقة للشخص الخاضع لها بسبب وجود الأسلاك الموصلة لمصدر الطاقة أو وحدة الضبط والتحكم خاصة وإذا كان الحال يتطلب حرية فى الحركة مثل ما يحدث عند دراسة الحركة فى الرياضة ولهذا فقد يكون هذا العيب ذا أهمية بالغة وبالإضافة لذلك فإن الطاقة المأخوذة من مصدر الطاقة وحجمها أيضاً لا يزيد نشاط العلامة أو معدل الاختبار.

* LEDs يكون لها زاوية إضاءة محددة. وحتى عند استخدام زوايا متاحة أكبر أو عند استخدام وسائل تجارية معدله فإنه من الصعب أن تتجاوز ٥٠° من مدى نصف القوة أو الطاقة وهذا بدوره يخلف مشكلة فى أى وقت يتطلب فيه الأمر أن تقوم العلامة بحركة دائرية أثناء أداء الحركة. وهى أيضاً تشكل مشكلة بالنسبة لأسلوب تحليل D - 3 الذى يتطلب على الأقل جهازين للتصوير. إن الدقة فى الوصول لعمق العمل يمكن أن يتحقق فقط إذا كانت الزاوية بين جهازى التصوير واسعة بالقدر الكافى. ولسوء الحظ فى هذه

الأحوال يكون من الصعب بالنسبة لجهازى التصوير أن يكونا فى مواجهة ال LEDs وحتى اذا حدث ذلك فان القوة المترددة التى تصل لأجهزة الاحساس سوف تكون منخفضة كما هو مبين بالشكل (٢٠ - أ).



شكل (٢٠)
تأثير الوضع النسبى بين أجهزة الرصد (a) العلامات المباشرة، (b) العلامات غير المباشرة

* إن أجهزة الرصد المستخدمة مع هذه العلامات عادة ما تتطلب اضاءة لوقت مضاعف. وهذا يحد من عدد العلامات التى يمكن استخدامها على الشخص الخاضع للتجربة كما انه يتسبب فى عدم تزامن الاختبارات لمركبتى العلامات والذى يمكن أن يزيد المشكلة سوءاً عند زيادة سرعة الحركات.

العلامات ذات العواكس الخفية (الارتجاعية): Retroreflective Markers

والبديل لاستخدام العلامات المباشرة هو استخدام العواكس الارتجاعية المستترة أو غير المباشرة وهذه العلامات تعكس الإضاءة (داخل زاوية ضيقة) فى اتجاه مصدرها وهذا هو نفس الاساس الذى يشير إليه عن طريق العواكس الخلفية فى السيارات أو إشارات المرور (وهذه أيضاً وسائل خافية أو مستترة) والتى تبدو مضاءة إذا ما سلطت عليها الأضواء الكاشفة للسيارات.

ومميزات هذا النوع من العلامات تختلف عن علامات الـ LEDs من حيث أنها لا تشكل عائقاً أمام الشخص الخاضع للتجربة كما أن حركة الدوران لا تحد من فعاليتها. فالعلامة الكروية الشكل المستترة يمكن رؤيتها من أى اتجاه بزاوية ٣٦٠° كما هو مبين بالشكل (٢٠ - أ).

وتتكون هذه العلامات عادة من دعامات بلاستيكية مكسوة بورق عاكس ومثبتة على جسم الشخص الخاضع للتجربة بشريط لاصق وهى لا تستلزم وجود أى أسلاك ولذلك يمكن استخدامها لدراسة الحركات السريعة الواسعة. أما النظم التى تستخدم علامات أصغر (وذلك لنفس حجم العمل) فهى تعتبر مناسبة أكثر من تلك التى تستخدم علامات أكبر تحت تلك الظروف.

وحقيقة أن العلامات غير المباشرة يمكن رؤيتها فى وقت متزامن بواسطة الكاميرات يعتبر ميزة من وجهة نظر أسلوب معاملة الإشارة (الأنظمة التى تعتمد على العلامات المباشرة لها بعض المشاكل الخاصة بأسلوب الاختبار غير المتزامن) ولكن من ناحية أخرى فالتصنيف فى الكمبيوتر مطلوب، وهذا التصنيف يستوجب تحديد لقطة ويعطى تصنيفاً محددا لكل زوج من المركبات. وهذا يتم عادة باجراء تعقبى مثلاً إذا قررنا أن يخضع الرسغ أو المعصم للعلامة رقم ٣ فيجب أن تتبع نفس العلامة فى اللقطات المتتابعة ونضعها تحت اسم المعصم أو ٣.

ومن الميزات الاخرى للعلامات غير المباشرة أو الكامنة هو سهولة تثبيتها على أعضاء الجسم والذى بدوره يمنح الشخص الخاضع للتجربة الحرية الكاملة للحركة وعلى الأقل نظرياً يستخدم عدد غير محدد من العلامات.

ولكن المشاكل التى تنجم عن استخدام هذه العلامات تتعلق بصعوبة التصنيف فى الأوضاع الحرجة. وتتطلب تداخل العلامات تعاملاً دقيقاً فيريچنو وآخرون ١٩٩٠م) أو مونتاج يدوى فعال. وفى بعض الأحيان إذا استخدمت أساليب تعقيمية خاصة للصورة فإن تداخل العلامة المفقود يتطلب تدخل المشرف على التشغيل وبذلك يزيد الزمن الذى تستغرقه معاملة

البيانات. وعلاوة على ذلك فان المعدل الأقصى لاختبارات العينة بعدد الكاميرات المستخدمة. يمكن أن تصل النظم إلى ١٠٠ Hz (مع نسبة عالية من الدقة) أو ٢٠٠ Hz (مع نسبة أقل قليلاً من الدقة) ومن المؤكد أن هذه المعدلات تعتبر مناسبة لمعظم الحركات الإنسانية.. حتى فى الرياضة (د. أميكو D. Amico، فيريجنو ورودانو Rodano ١٩٨٩م - ١٩٩٠م).

الفصل الثانى

أجهزة الرصد الموجهة وغير الموجهة

Addressable and Nonaddrassable Sensors



الفصل الثانى

اجهزة الرصد الموجهة وغير الموجهة :

إن الأجهزة الاليكترونية البصرية يمكن إدراجها تحت قسمين. الأجهزة التى يمكن توجيهها والأجهزة التى لا يمكن توجيهها.

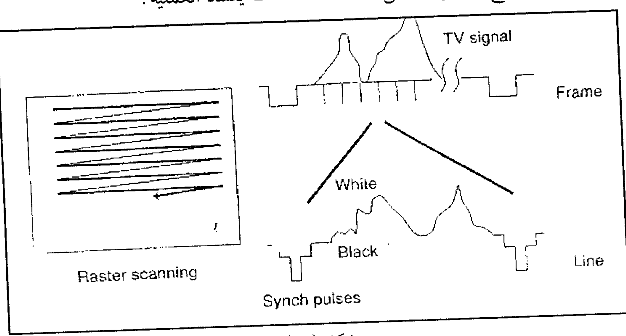
وأجهزة الإحساس التى يمكن أن تربط كل عنصر فى الصورة (Pixel) بزوج من المركبات. تعتبر كاميرات الفيديو من الأجهزة التى يمكن توجيهها لأن الصورة تشفر فى ما يسمى raster Format (والذى يوضحه الرسم فى الشكل (٢١) فالصورة تعرض خطاً فى كل إطار وعمود بعد عمود فى كل خط وبهذا تظهر الصورة أحادية الأبعاد أما علاقات الفراغ بين مختلف أجزاء الصورة فإنه يتم تحويلها إلى فترات زمنية. وعن طريق فك الشفرة بالطريقة المناسبة استعادة حيز المعلومات. عندما يتواجد عدة علامات فى وقت واحد داخل الصورة فإن أجهزة الرصد التى يمكن توجيهها تكون لديها القدرة على إيجاد المركبات بين جميع العلامات وبدون حدود، أما أجهزة الرصد التى لا يمكن توجيهها فإن لديها القدرة على تقديم معلومات متكاملة عن الصورة التى يقوم بالتقاطها، وعلى سبيل المثال فإن الصور الثنائية ذات التأثير الجانبى (فى النتائج) تعطى مركبات المركز المتوسط توزيعاً للإضاءة أمام جهاز الرصد Sen-sor.

ولذلك إذا تم استخدامها للكشف عن العلامة فيجب استخدام علامة واحد فقط ومصدر واحد فقط للإضاءة فى كل اختبار على حدة (Woltring وولترينج ١٩٧٥). ويقع بين هاتين الطبقتين أجهزة الرصد ذا الصفوف الخطية (ليو وماسيلارى Macelaxi leo ١٩٧٩).

والاختلاف الرئيسى بين هذه الأنواع من الأجهزة هو أن الضوء المنتشر يتم اعتباره زوجاً آخر من المركبات أو محورا زائفاً بواسطة الأجهزة التى يمكن توجيهها. بينما لا تضع فى اعتبارها المركبات التى تم الحصول عليها من

أجهزة الرصد (Sensors) التى لا يمكن توجيهها ومهمة الكمبيوتر هو حذف العلامات الزائفة من البيانات التى تم جمعها بواسطة كاميرات الفيديو ولكنه من المستحيل عمل الشئ نفسه مع البيانات التى قامت بجمعها صور الصمامات الثنائية ذات التأثير الجانبى.

ونظرياً فإنه عن طريق الضبط الجيد للمحيط الذى سيتم فيه إجراء الاختبارات فان المصدر الوحيد للإضاءة أمام جهاز الرصد غير الموجه يجب أن يكون الـ LEDs ولكن العلامات المباشرة يمكن أن تعطى انعكاساً على الاسطح المحيطة بما فيها جسم الشخص الخاضع للتجربة ومثل هذه الانعكاسات يفسد العملية.



شكل (٢١)
تصفح شفرة الكادر والخط الكهربى لإشارة الفيديو تردد أبيض وأسود إلى مستويات تردد التيار الكهربى، ويرد الفراغ إلى فترات زمنية

توليف جهاز الرصد: Sensor Synchronization

للقيام باجراءات الأبعاد الثلاثة فلابد من وجود على الأقل جهازى رصد ثنائى الابعاد.. وهكذا تنشأ مشكلة وهى كيفية توليف أجهزة الرصد المتعددة وهذه المشكلة يمكن حلها (بالنسبة لأجهزة الرصد الموجهة) عن طريق استخدام مولد توليف رئيسى لقيادة جميع أجهزة الرصد.

وهذا الأسلوب يشمل وجود جهاز معاملة أقراص الكمبيوتر ويجب أن يتم توصيله أيضاً بمولد التنسيق. وفى حالة صور الصمامات الثنائية ذات التأثير الجانبى Photodiods فإن الناتج المماثل فى كل جهاز للرصد يجب أن يولف إلى شكل رقمى. وهنا تظهر مشكلة أخرى وهى أن العلامات المباشرة لا تظهر على الشاشة فى وقت واحد ولذلك فإن أجهزة التنسيق بينها يجب أن تولف باستخدام نظام التوليد أو الاستيفاء الحسابى.

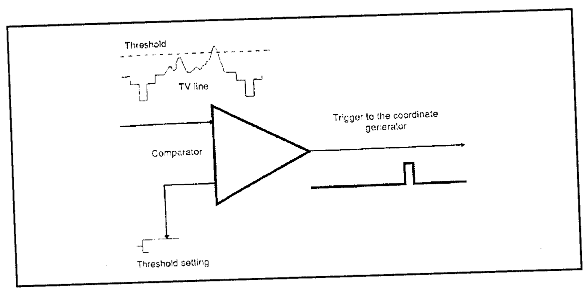
الكاشف عن العلامة : Marker Detector

ويجب أن يكون هذا الجزء من النظام قادراً على توفير المعلومات الكافية لعملية البناء الحسابى دون أن يرهق نفسه بمزيد من الإيجابيات الزائفة التى تجعل العمل أصعب وتزيد من احتمالية قبول علامة زائفة (بسبب التشويش فى الخلفية) أو حتى استبعاد علامة حقيقية وفى نظم تحليل الحركة يستخدم جهاز كشف العلامة اتجاهان وهما:

أسلوب الكشف المبدئى وأسلوب معاملة إشارات الصورة. وهذان الاتجاهان يستخدمان فقط أجهزة الرصد الموجهة والصفوف الخطية حيث أن صور الصمامات الثنائية ذات التأثير الجانبى يمكنها بسهولة أن تزود منسقات المركز المتوسط بالضوء الشديد.

الكشف المبدئى : Threshold Detection

ونظام الكشف المبدئى هو النظام الأكثر انتشاراً والأسهل فى الكشف عن العلامات التى يزيد بريقها عن بريق الخلفية. وشكل (٢٢) يوضح كيف يعمل نظام العد الحسابى. فإن إشارة الفيديو الداخلة يتم مقارنتها عموداً بعمود للمرجع المبدئى. وفى كل مرة تتجاوز الإشارة ارتفاع العمود المبدئى ترسل الإشارات لمولد أو جهاز التنسيق وللكمبيوتر للتنبيه بأن هناك عموداً براقاً تم الكشف عنه. ثم تجمع بعدها العواميد البراقة مع بعضها البعض وترد للعلامات التى تختص بها.



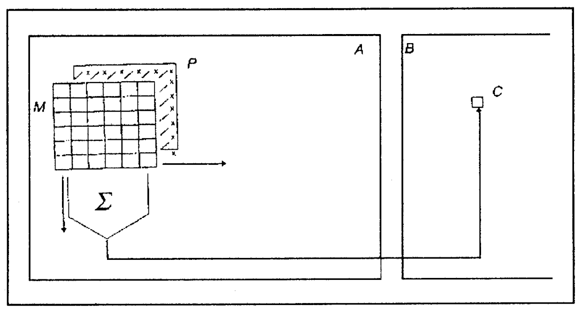
شكل (٢٢)
الكشف المبدئى

ومن أبرز مميزات هذا الاتجاه هو اعتدال ثمنه وأنه لا يتطلب تكنولوجيا خاصة.. وعلى النقيض من ذلك نجد أن عيوب فرق الطاقة المنخفض تظهر.. ولان أسلوب الكشف عن العلامة يعتمد فقط على درجة البريق للشئ المستهدف فإن أى أشياء أخرى فى المشهد إذا كان لها نفس درجة البريق أو اللمعان الخاصة بالعلامة (مثل الأسطح، المناطق البيضاء، والمصابيح) فإن هذه الأشياء سوف يتم ادخالها وتشفيرها على أنها أيضاً علامات.. وعلاوة على ذلك نجد أنه بسبب وجود مستويين فقط (الأبيض والاسود) الذى يتم عن طريقهما التشفير فى الصورة بعد الكشف فإن مقدار الثبات فيما يتعلق بجهاز الرصد Sensor (حوالى ٥٠٠ × ٣٠٠ عمود) غير مسموح به. ولكن يمكن تحقيق تحسينات قليلة عن طريق استخدام علامات كبيرة الحجم من أجل توليد عدد الحبر من العواميد البراقة والتى يمكن أن تجمع مركباتها وتحدد نسبتها أو عن طريق استخدام نماذج (دوائر مثلاً) بنفس شكل العلامة.

أسلوب معاملة الإشارة : Signal Processing

مع التطورات الحديثة فى مجال حساب الكمبيوتر المتوازى بالرقائق المتكاملة واسعة المدى (VLSI) وفى رؤية الكمبيوتر أصبح من الممكن معها تصميم ديسكات Hardware لمعاملة الصورة لإدراك نمط الزمن الفعلى من أجل الكشف على العلامات بصورة فعالة جداً.

ويمكن تحقيق ذلك عن طريق استخدام أسلوب العلاقات المتبادلة والذى يصل بين الشكل المتوقع للعلامة مع سمات الصورة (فيريجنو، بورغيس وبيدوتى ١٩٩٠م - فيرينجو وبيدوتى ١٩٨٥م) وعندما تتناسب الصورة مع الشكل المتوقع فإن وظيفة العلاقة التبادلية تصل إلى فعاليتها القصوى وعندما تختلف الصورة عن الشكل فإن القيم تتحول الى الانخفاض والسلبية وعملية الحساب أساساً تعمل بالطريقة الموضحة فى شكل (٢٣).



الشكل (٢٣)
نظام الحساب

يتم نقل الشكل الأساسى M من عمود لعمود من اليسار إلى اليمين وخط بخط من الأعلى للأسفل على الصورة الناتجة. وفى كل جزء من الصورة P فان ناتج التحرك عمود بعمود مع عنصر الصورة الأساسى M يتم توصيله. أما النتائج فيتم تجميعها واختصارها لتعطى قيمة كل عمود C للصورة الناتجة. وبتحريك الصورة (القناع) فإن كل العواميد فى الصورة الناتجة B يتم الحصول عليها.

ويجب أن تكون الأشكال المستخدمة للعلامات متناسقة وإلا فإنها ستتغير إذا تحرك الجسم فى حركة دائرية. (الأشكال الكروية وشبه الكروية هى أكثر الأشكال التى لا تتأثر بحركة الدوران). ويتم اختيار الغطاء أو Mask

للتخلص نهائياً من تشويش الخلفية وأيضاً للسماح بتغيير حجم العلامات عند حركتهم أمام محور عدسات الكاميرات.. ويسمح بهذا التنوع فى حدود من ١ إلى ٥ باستخدام غطاء أو Mask بقياس ٦ × ٦ بيكسيل (فيريجنو ١٩٩٠م) وإذا كانت هناك اختلافات أو تنوعات أخرى متوقعة (أو مرغوبة) فيمكن التنويع فى حجم أو شكل القناع.. فإذا تم هذا التنويع فى الشكل فيجب تقليل مستوى التشويش فى الخلفية للسماح بالتنويع فى الحجم. وعلى أية حال فإن التنوع فى الحجم بحدود أكثر من ١ إلى ٥ تستخدم فقط عند التخلى عن العلامات فى حيز منطقة العمل التى يفترض أن تكون قياساتها دقيقة أو عندما تكون العلامات مركزة بشكل صحيح. والناتج للعلاقات المتبادلة هو تحويل الصورة الداخلة الذى يزيد معدل إشارة التشويش فيها (SNR). على سبيل المثال المناطق البيضاء الكبيرة تصبح لونها داكناً أكثر من الإشارة السوداء.

وعندما تتخطى وظيفة العلاقات التبادلية الضبط المبدئى عنها يبدأ عمل المولد المنسق لأن إشارات العلاقات التبادلية يتم تشفيرها على عدة مستويات وترسل هذه المعلومات للكمبيوتر الذى يقوم بقياس أو تقدير وضع العلامة بدقة أكبر بوضع الفروض حول كيفية توزيع درجة اللمعان أو البريق.

والمعلومات المتزايدة التى يرسلها نظام العلاقات التبادلية يتيح لنا الحصول على درجة عالية من الثبات فى الحيز المكانى حتى مع استخدام علامات صغيرة (فى نظام ٦٠٠٠٠ × ٦٠٠٠٠ مع قيم العلاقات التبادلية وحتى 8 Bits).

ادراك الشكل أيضاً يتيح لنا استخدام أهداف صغيرة جداً لأنه لا يتطلب أن تكون العلامات هى الاشياء الاكثر بريقاً أو لمعاناً فى الصورة.

ويوضح الشكل (٢٤ a - b) مثالاً للكشف عن العلامات الصغيرة جداً (أقل من ١مم) بواسطة جهاز معاملة الصورة الفعلية والذى يعتمد على نظام الحساب بالعلاقات التبادلية. والشكل (٢٤a) يوضح الصورة حيث تم تسليط العلامات أو التشويش على الشفاه وفى الشكل (٢٤ - b) نجد أن كاشف العلامات قد عبر عن وجود للعلامات بوجود بقع براقة على الصورة.



شكل (٢٤)

الكشف عن العلامات الصغيرة جداً (أقل من ١مم) بواسطة جهاز معاملة الصورة الفعلية الذى يعتمد على نظام الحساب بالعلاقات المتبادلة (a) صورة تم تسليط العلامات أو التشويش على الشفاة، (b) عبر كاشف العلامات عن وجود بقع براقة على الصورة.

مستوى الكمبيوتر : Computer Level

وهذا الجزء من النظام يشمل السطح الفاصل بين Hardware الكمبيوتر المخصصة ومجموعة من برامج الكمبيوتر Software وإجراءاته لمعاملة بيانات التشغيل On Line والغلق Off Line.

والعامل الرئيسى الذى يجب أن يفى به الكمبيوتر هو القدرة على احتواء البيانات فى نفس وقت الحصول عليها. تعتمد كمية البيانات وسرعة دخولها على العدد المتوقع للعلامات وعلى عدد العلامات (موجهة أو غير موجهة) وتقسم على الباراميتر T. Parameter.

$$T = NM.\ NTV.\ SR. \qquad (10).$$

حيث أن NM = عدد العلامات، وNTV = عدد أجهزة الإحساس وSR= معدل الاختبار أو العينة. وبصفة عامة يستطيع مدخل الذاكرة المباشر المخصص (DMA) إيجاد الحلول الجيدة ولكل الأسطح البينية المتعددة الأغراض مثل (IEEE - 448) GPIB و ETHERNET ويتم استخدامها.

وتخزين البيانات الفعلية يمثل أيضاً مشكلة كبرى بالنسبة لتحليل الحركة لأنها تعيق الحصول على الباراميتر Parameter. أنها ذات علاقة نسبية مع البارامیتر.

$$D = NM.\ NTV.\ SR. \quad (11)$$

حيث أن t = مدة الاكتساب. بالمقارنة بين معادلتی 11 و 12 تنتج العلاقة التالية:

$$D = T.\ t. \quad (12)$$

وهذا يعنى أن تخزين البيانات ذو علاقة نسبية بالدواخل وزمن الاكتساب. على سبيل المثال لو افترضنا أن يكون هناك ٢٥ علامة ترى بواسطة ٤ أجهزة بمعدل اختبار للعينة يصلإالى ١٠٠ هيرتز. فإن T تفترض قيمة ١٠٠٠٠ بمعنى أن المركبات (التى يتم تشفيرها بعدد معين من وحدة البايت Byte وذلك يعتمد على نوع النظام) تبلغ ١٠٠٠٠ مركبة تكتسب فى كل ثانية. وهكذا يكون قدرة الاكتساب المطلوبة لتخزين البيانات فى ٣٠ ثانية تبلغ ٣٠٠٠٠٠ ويضرب هذا العدد فى عدد وحدات البايت (Byte) المطلوبة لتشفير كل مركبة. أن النظام الذى يشفر كل مركبة فى ٤ بايت يتطلب ٢٠٠٠٠٠ و وحدة بايت.

أسلوب اكتساب البيانات ومعاملة بيانات الفتح :

Data Acquisition and on Line Data Processing

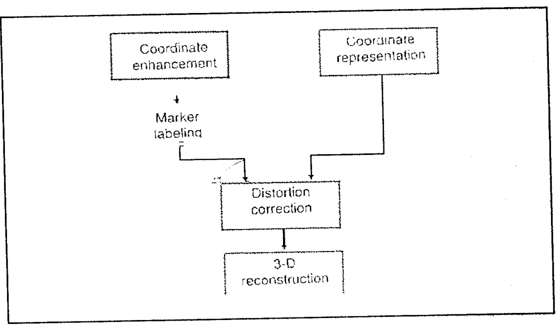
فى بعض التجارب يكون على الكمبيوتر أن يمارس مهمة اكتساب البيانات وأيضاً معاملة البيانات لتقييمها والتأكد من صحتها وأيضاً لضبطها.

وخلال عملية اكتساب البيانات فإن عدد العلامات، وعدد الأجهزة ومعدل اختبار العينة ومدة اكتساب البيانات يجب أن يفصل كل منهم على حدة. وعند هذه المرحلة يمكن أن يعمل النظام دون معرفة العدد المحدد للعلامات المستخدمة ويمكن وقف عملية اكتساب البيانات أو بدءها عن طريق وحدة التشغيل ذلك وعن طريق عداد زمنى داخلى أو مفتاح خارجى أو كلاهما. فى هذه الحالة سيصبح الباراميتر t و NM نواتج للنظام بدلاً من أن يكونوا دواخل. بينما NTV و SR لابد دائماً من تحديدها وأسلوب معاملة on Line الأساس يعتمد على طبيعة جهاز الرصد. فإن أجهزة الرصد غير الموجهة (مثل الصمامات الثنائية للاضاءة الجانبية) تنتج ناتج مماثل ولا تحتاج لمعاملة البيانات. لأن هذه الأجهزة لا تظهر صورة يمكن رؤيتها على شاشة المونيتور فالكمبيوتر لابد أن يظهر خطوطاً بيانية تبين ما يحدث أثناء التجربة.

إن صفوف CDD الخطية وكاميرات الفيديو يجب أن تحتوى على عمود واحد على الأقل لكل علامة، فإن غزارة المعلومات تزيد من ثبات جهاز الرصد. والإجراءات أو الخطوات المتبعة لدعم هذا الثبات تتيح الفرصة لضغط البيانات لأن زوج واحد فقط من المركبات يمكن الحصول عليها من جهاز رصد واحد. ويلخص الشكل (٢٥) كل هذه العمليات ويحدد أنواع أجهزة الرصد لما يناسبها.

المعاملة الأساسية : Basic Processing

المعاملة الأساسية للحساب أو لأسلوب العد العشرى يشتمل على كل العمليات غير المطلوبة فى نظام الـ on Line ولكنها أيضاً هامة وضرورية للحصول على عمليات أخرى يمكن استخدامها. والشكل (٢٥) يوضح هذه العمليات فى خط المعادلة سواء فى أجهزة الرصد الموجهة أو غير الموجهة.



شكل (٢٥)
المعاملة الأساسية للبرنامج للحصول على إحداثيات الأبعاد الثلاثة للنقاط السطحية. الصندوق المزدوج يشير إلى الإجراءات بالضبط لآلات التصوير الموجهة: يستخدم صندوق الأبعاد الثلاثة للإجراءات بالضبط فى آلات التصوير غير الموجهة

تصحيح الخلل أو التشويش : Distortion Correction

وهو يكون بمثابة التعويض عن عدم التخطيط الطولى فى أجهزة الرصد البصرية (أن التشويش الذى ينتج عن الصمامات الثنائية للصورة ذات التأثير الجانبى وعن العدسات الاسطوانية التى تستخدم مع صفوف CDD الخطية تكون أكبر ليو وماسيلارى ١٩٧٩م - وولترنج ١٩٧٥م - ١٩٧٦م) إن ضبط التشويش عادة ما يتم بواسطة تعبير متعدد الحدود مع معامل كمبيوتر تم حسابه من عمليات التحكم (انظر الباب الثانى) مرازان وكارارا (١٩٧٥م) وميللر Miller وشابيرو Shapero ماك لوغلن Mc Laughlin (١٩٨٠م) قد قدموا نموذجاً عالمياً لعمليات التشويش، وقد قدم أيضاً بورغيس وفيريجنو (١٩٩٠م) نماذجاً محليه.. وهذه النماذج تتيح الفرصة لتصحيح الأخطاء المحلية باستخدام وحدات باراميتر من تلك التى تتطلبها نفس العملية فى الاتجاه العالمى الذى يعتبر أقل مرونة. ومن ناحية أخرى فإن عملية تقريب النسب تتطلب أسلوباً أكثر دقة لاكتساب المركبات على شبكة التحكم.

مهمة العلامة : Marker Assignment

وهى عملية مطلوبة عند استخدام أجهزة الرصد الموجهة والعلامات غير المباشرة وهذه النظم تنقل المركبات الخاصة بالعلامات بنفس ترتيبها عن الكشف عنها مع تحديد الخطوط والصفوف فى خريطة البنية.

إذا كانت الحركة معقدة فيمكن عكس هذا الترتيب. ومن الضرورى إجراء تعديل من أجل تصحيح ترتيب الناتج وإعادة بناء الأبعاد الثلاثة وهناك عدة اتجاهات قدمت لحل هذه المشكلة (فيريجنو وآخرون ١٩٩٠م- فيريجنو وجاسونى ١٩٨٨م-جاريت وآخرون ١٩٧٦م-تايلور وآخرون ١٩٨٢م).

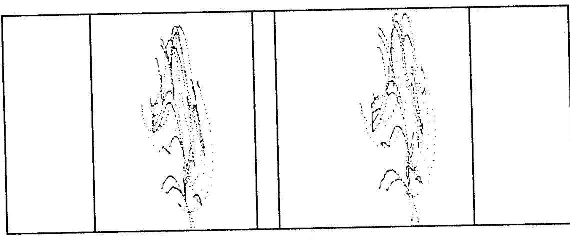
وتتم المساعدة المبدئية فى أوائل الكادرات وعادة ما تؤدى يدوياً ولكن العمليات التى تركز على المعلومات والتى تستخدم للتصنيف الأتوماتيكى تخضع حالياً لعمليات التطوير. فعند التصنيف الصحيح للعلامات الموجودة بالكادرات فإن مركباتها تستخدم لاستكمال بقية العملية والتنبؤ بمساراتها. وأحدث هذه الأساليب (فيريجنو وآخرين ١٩٩٠م) يقدم أيضاً معلومات مسبقة عن بناء الجسم الخاضع للتحليل وبذلك يزيد ثقتنا فى الاعتماد على التنبؤ وأيضاً فإنه يحل مشكلة تخطى العلامة أتوماتيكياً.

وهذه الأهداف تتحقق عن طريق وصف نموذج للجسم فى صورة مركبات تربط العلامات وأيضاً احتمالات اختفاء بعض العلامات وراء بعضها.

ومثال على عملية التحديد نجده موضحاً فى الشكل ٢٦ a و b) والشكل (٢٧).

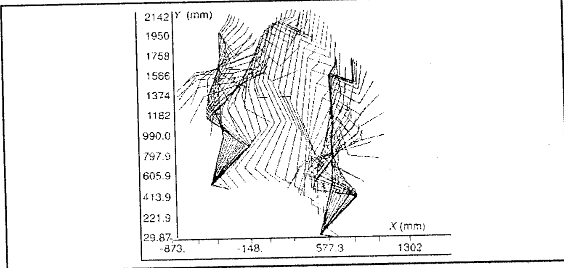
فى الشكل (٢٦) a و b يبينان النقاط الأصلية التى تم الحصول عليها بواسطة كاميرتى فيديو والشكل (٢٧) يبين الخط البيانى لنظام الأبعاد الثلاثة (مبين بطريقة تخطيطية) لحركة معينة (وهى الوثب من منصة).. والعلامات يمكن ادراك وجودها بواسطة شكلها باستعمال نظام ELITE بمعدل اختبار للعينة يصل إلى ١٠٠ هيرتز.. ومن الثابت ان فى مثل هذه الحركة المعقدة

يظهر مسار العلامات فى شكل عدة أجزاء وخطوط مركبة قد يظهر معها الشكل مركباً ومحيراً فى الشكل (٢٦) a و b ولكن يظهر ثابتاً أكثر فى الشكل (٢٧).. وللحصول على هذا الثبات يجب أن يجرى النظام عدة عمليات.



شكل (٢٦)

(b,a) نقطتان خام جمعت عن طريق اختبار شخصى يثب من منصة القوى (a) (Tv_1) والثانية (Tv_2) الزاوية بين الكاميرتين كانت ٧٥° وضع على الشخص ١٠ علامات اثنتان على الرأس، علاقة على كل من الكتف والمرفق ورسغ القدم، ورأس العظمة الخامسة بالقدم



شكل (٢٧)

الرسم التخطيطى للوثب المعروض فى شكل (٢٧) **(a)** ، **(b)** قذفت على المستوى السهمى بعد إعادة تركيب الأبعاد الثلاثة من أجل الوضوح ترسم الصورة الخطية كل ٥٠م ث فقط. ومقياس الرسم على الراسم بالمليمتر (مم).

(a) وهى التحديد المبدئى للعلامات (b) مسار متعدد النقاط (c) اعادة توصيل بين العلامات المستترة. (d) تصحيح التشويش. (e) نظام بناء الأبعاد الثلاثة.

الفصل الثالث

عملية إعادة بناء مركبات الأبعاد الثلاثة

Three - dimensional coordinat Reconstruction



الفصل الثالث

عملية إعادة بناء مركبات الابعاد الثلاثة

وهى آخر عملية أساسية مطلوبة قبل استكمال التحليل وأيضا عدة اتجاهات تم اقتراحها، اثنان من هذه العمليات سوف نذكرها فى هذا الكتاب وهى: التحويل الخطى المباشر (DLT) وهى ماتم مناقشته فى الباب الثانى وحل المربع الأقل تكرارا للنسب الخطية (ILSSC) الذى سيناقش هنا. وكلا الاتجاهان يعتمدان على نفس النموذج للتحويل بين مساحة الهدف (البيئة من حول الجهاز) والفراغ فى الصورة (المنطقة التى يتم فيها العمل أمام الأجهزة وخلف العدسات) والشكل (٢٨) يوضح هذه الفراغات مع الإشارة لنظام الجهاز البصرى.

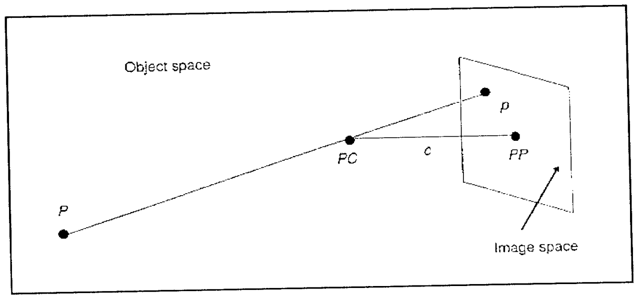
والنسب الرياضية التى تحول فقط الفراغ حول الهدف إلى نقاط فراغ فى الصورة تتمثل فى المركبة X

$$X - X_o = - C. \frac{M11 (X - Xo) + M12 (Y - Yo) + M13 (Z - Zo)}{M31 (X - Xo) + M32 (Y - Yo) + M33 (Z - Zo)} \quad (13)$$

أما بالنسبة للمركبة Y

$$Y - Y_o = - C. \frac{M21 (X - Xo) + M22 (Y - Yo) + M23 (Z - Zo)}{M31 (X - Xo) + M32 (Y - Yo) + M33 (Z - Zo)} \quad (14)$$

حيث أن: X وY يمثلان المركبات بين النقط P (X,Y,Z) على فراغ الصورة.



شكل (٢٨)

الاسقاط النسبى للنقطة P، فى مدى اعتراض مجال الصورة، P خلال المركز النسبى، PP. PC النقطة الرئيسية (اسقاط PC فى مستوى الصورة) ووضع الجزء PC - PP على المحور البؤرى، ويكون طوله البعد البؤرى C.

(c) هو البعد البؤرى للعدسة Xo و Yo هما مركبتا النقطة الأساسية (نقطة التقاطع للمحور البصرى ومجال الصورة) Xo و Yo و Zo هم مركبات مركز المنظور وM11 هى التسع عناصر مركز الدوران من الكادر الذى يشير لحيز الفراغ داخل الصورة (وولف ١٩٨٣م). . وبالرغم من أن مجموع هذا كله يصل الى ٩ باراميتر فإن ثلاثة فقط غير معروفة يمكن الاعتماد عليها لأن كل عناصر M11 ليس لها وظيفة خطية على زوايا الانحدار Pitch والزوايا الممتدة roll وزوايا الانعراج Yaw لعلامات Q, W, (Xo, Yo, C, Xo, Yo, Zo, K 4, W) K ونقط تقاطع الفراغ (تحديد النقطة المجهولة P) تتمثل فى الطبيعة الخطية النسبية ما بين ٤ : ٥ .

ونظام DLT نجح فى التغلب على هذه العقبة بإعادة ترتيب شروط التناسب ٤ : ٥ رياضيا والاتجاه المسمى بـ ILSSC يعتمد على تخطيط النسب من ٤ : ٥ باستخدام سلسلة تايلور Taylor فى تقريب نقطة البداية.

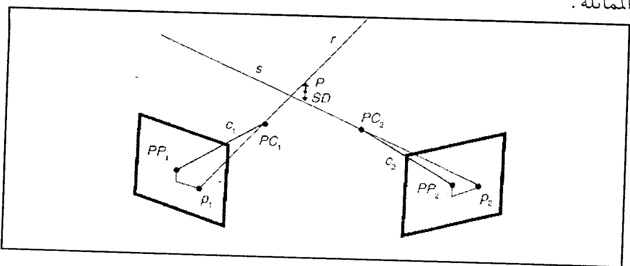
وتحسب نقطة جديدة فى وحدات الباراميتر المجهولة باستخدام النسبة بين ٤ : ٥ فيما يتعلق بالمركبات المسجلة وأيضا تقليل الأخطاء فى نقاط التحكم

X,Y، والنقطة الجديدة تصبح نقطة البداية القادمة والتكرار يستمر حتى تصغر قيمة البارامتير بالقدر المناسب.

ونقطة الالتقاء سوف تحدث خلال خمسة أو ستة تكرارات. ونقطة تقاطع الفراغ اللاحقة سوف تحدث عن طريق البحث عن أقصر مسافة عمودية تصل الخطان اللذان يربطان بين مركزى المنظور لكاميرتى الفيديو ويصلانها لنقطة الانعكاس على العلامة كما هو مبين فى الشكل (٢٩) (بورغيس وميريجنو ١٩٩٠م).

التحليل المؤجل Deferred Analysis :

يمكن اجراء التحليل المؤجل فى أى وقت على البيانات المكتسبة والتى تم معاملتها من قبل محلل الحركة. الزوايا المشتركة، وسرعة الزوايا الخطية يتم حسابها لاستخدامها فى النماذج الميكانيكية (مثلا لحساب الحركات والقوى الداخلية، والتى تتطلب أيضا معرفة القوى الخارجية). إن البيانات التى تم جمعها بواسطة جهاز اليكتروميوجراف، يمكن أن تنضم مع بيانات علم الحركة المجردة أو الديناميكا للحصول على وصفا تاما للقوى المحركة، وهكذا فإن العديد من أنظمة تسجيل الحركة تتطلب تدوين دائم لبيانات الإشارات المماثلة.



شكل (٢٩)

نقطة تقاطع الفراغ تؤدى عن طريق البحث عن أقل مسافة بين وضع r , S والمرور خلال المركزين النسبيين (PC8 . PC1) واعتراض نقطة (P2, P1) فى الكاميرا

تقسيم نظم قياس كينماتيكية الأبعاد الثلاثية

Classification of 3 - D Kinematic Measurement systems

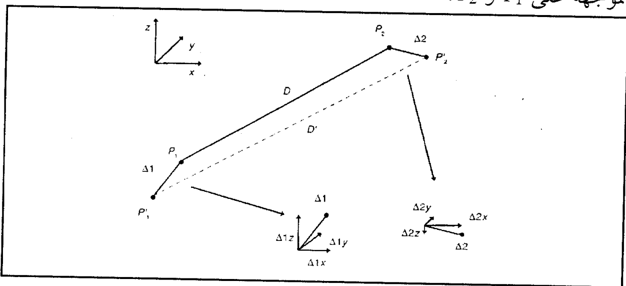
هناك نظم ثلاثية الأبعاد لقياس الحركة المجردة يمكن تقييمها على أساس دقتها ومدى الاعتماد على فعاليتها.

دقة ووضوح النظام System Accuracy and Precision :

الدقة هى إمكانية إعادة كادر للقياس. ويمكن التعبير عنه بأنه الأبعاد المثالى للأخطاء المقسمة بمدى القياس والذى يعرف بأنه التقدير الرقمى لحجم العمل (مع الافتراض بأنها لها بريق على القاعدة المستطيلة) وهكذا تقاس الدقة على توحيد الزمن. ويمكن حسابها باستخدام العلامات الثابتة مما يفسر نظام التشويش، ولكن الدقة لا يمكن استخدامها لوصف قياس النظام لأنها تعتمد على ثبات الجهاز الأساسى وأيضا تعتمد على وضع أجهزة الرصد المستخدمة فى الاختيار. وعلى النقيض من ذلك فإن جهاز الرصد الذى يحتوى على عمود ٢×٢ يمكن أن يعطى دقة تامة مع توزيع العلامات فى موقع متسع. وفى أى موقع يكون فيه العلامة ضمن واحد من هذه الأربعة عواميد. أما العلامات التى تقع على حدود مرمى هذه العواميد يمكن فقط أن تعطى بعدا دقيقا واقعيا.. ويجب أيضا وضع الكماليات الأخرى فى الاعتبار.

أما الوضوح فيرجع الى تلك الأخطاء التى يتم حسابها كفرق بين القيم الحقيقية والقيم التى تم قياسها، وهذه المعلومات تعكس الأخطاء التى نواجهها خلال الاستخدام اليومى لنظام «الأبعاد الثلاثة» للقياس. ولقياس مستوى الوضوح يجب أن نقارن بين المركبات التى تربط بين عدة نقاط التى تم الحصول عليها من قبل محلل الحركة وبين مواقعها الطبيعية وأثناء الممارسة إذا أردنا اعتبار أن أحدث النظم المتقدمة قادرة على قياس الانحرافات التى تقل عن ٠,٥ مم فى حيز مكعب تبلغ جوانبه ١,٥ مم (مثلا نظام ELITE فيريجنو وآخرون ١٩٩٠ - فيريجنو وبيدوتى ١٩٨٥م)، التى لها القدرة المماثلة على القياسة بوضوح، فإن القياس الحر لأوضاع العلامات التى تستخدم فى الاختبار يكون بالغ الصعوبة.

والبديل لذلك هو استخدام الاتجاه الاحصائى، مثل أن تحرك عصا الطول الثابت فى مساحة مدرجة وتحديد تنوع قياس المسافات بين العلامات الموضوعة على طرفيه (بورغيس وميريجنو ١٩٩٠). وهذا النوع من الاختبار يعطينا معلومات عن الاحتفاظ بالمسافات ولكن ما يهمنا هنا هو وضوح القياسات فى كل محور. وهناك خطوتان لتحديد ذلك الأولى هى: تحليل تنويعات الطول للعلامتان المستخدمتان والثانى: تحليل الخطأ الواقع فى كل علامة على المحاور الثلاثة (انظر الشكل (٣٠) فالخطأ فى المسافة (D - D) يحلل الى الأخطاء الموجهة على P_1 و P_2.



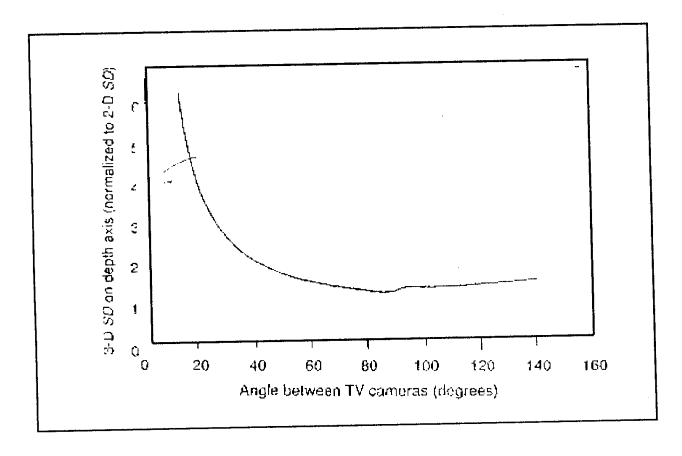
شكل (٣٠)
الخطأ فى المسافة (D - D)، وتحليلها إلى متجهى خطأ P_1 ، P_2.

وهذه تنعكس تباعا على محور الكادر من أجل الحصول على ثلاثة مكونات للخطأ فى X , Y و Z. والخطوة الأولى مباشرة (بورغيس وميريجنو ١٩٩٠م) والانحراف فى الخطأ لكل علامة سوف يوجد على أنه ١/٢ مرة انحراف فى المسافة. وفى الخطوة الثانية فإن اتجاه جهاز الرصد ووضعه فى الفراغ يجب أن يوضع فى الاعتبار. بورغيس وميريجنو (١٩٩٠م) قد وضعوا فرضا يظهر أن الدقة على المحاور الثلاثة تعتمد على اتجاهات كاميرات الفيديو. ومن هذا الفرض ظهر أيضا أنه إذا أردنا الحصول على وضوح جيد على المحاور الثلاثة فإن الزاوية بين أجهزة الرصد (المفترض أنها وضعت فى

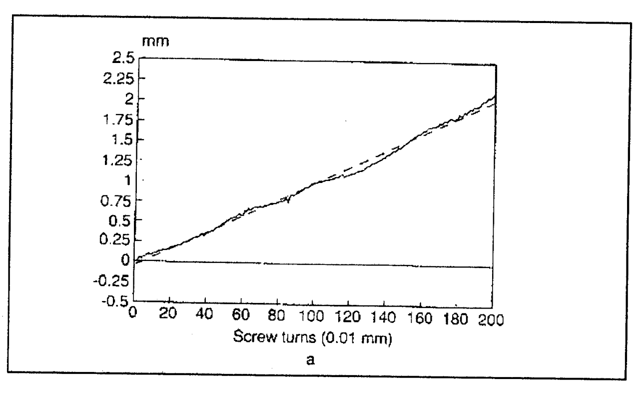
الزاوية المنعرجة فقط وليس ٠°) يجب أن تقترب من ٩٠ درجة (وهذا بدوره يمكن أن يخلق مشكلة مع العلامات المباشرة التى لا تملك مثل هذه الزوايا الواسعة للاطلاق). فى هذه الحالة فإن الخطأ يوزع بنسبة١ : √٢ ، √٢ : ١ على طول المحاور الرأسية والافقية والسهمية.

وشكل (٣١) يوضح توزيع الانحراف للخطأ للمركز Z (عمق) مفترضا وجود انحراف فى مركبات D - 2 يساوى ١ وأن زاوية كاميرات الفيديو المنعرجة Yaw (φ) حول محور Y (العمودى) هى الزاوية اللاصفرية الوحيدة.

ولاحظ أن من ٤٠ و ٩٠ درجة لايمكن تقليل وضوح عمق المحور. ويجب أن يكون ذلك فى الذهن عند تصميم موقع الاختبار.



شكل (٣١)
الانحراف المعيارى للخطأ على المحور السهمى (Z) طبقاً للانحراف المعيارى للخطأ فى البعدين للكاميرات



شكل (٣٢)
اختيار الدقة لنظام ELITE: (a) قمة المتوسط (دقة الثبات) لكل وضع للعلامة، ويعرض المحور الافقى عدد اللفات اللولبية (مثل عدد الازاحات فى ٠١, ٠مم)، (b) الانحراف المعيارى لكل نقطة فى الشكل (٣٢ - a).

والاحتمال الأخير هو تقويم مدى وضوح ودقة النظام يكون على أساس محلي. ويمكن أن يتم ذلك عن طريق استخدام مقياس دقيق لتصغير الأبعاد Micrometer بعد وضوح العلامة عليه. شكل (٣٢) a و b يوضح مثالا لمثل هذا التقويم يقوم به نظام ELITE وقد أجرى الاختبار فى وسط منطقة مدرجة (بقطر يصل الى ١,٧م) وتم استخدام برغى لتحريك العلامة الكروية ٠١, ٠ مم فى كل مرة للحصول على وضع الأبعاد الثلاثة بقياس ٢ مم (تم توزيعها على المحاور الثلاثة Z, Y, X). وقد تم الحصول على ١٠٠ عينة من خلال ٢٠٠ وضع للعلامة وذلك بفضل نظام ELITE أما مركبات الأبعاد الثلاثة فقد تم حساب نسبتها. والشكل (٣٢) يبين على المحور الرأسى القيمة النسبية لكل وضع من أوضاع العلامة بينما يظهر على المحور الأفقى عدد لفات البرغى (بحركة ٠١, ٠مم).

وأقصى خطأ تم اكتشافه فيما يتعلق بالقيمة الحقيقية كان ١٧ ,٠مم بينما بلغت نسبة الوضوح ٩٥٪ ضمن مساحة ٠٧ ,٠مم (بقطر ١/ ٢٤٠٠) وشكل (٣٢) b يوضح انحراف كل نقطة فى شكل (٣٢) a و... الخطأ يتعلق بالوضوح والغموض خلال مساحة تبلغ ٠٩ ,٠مم (بقطر ١/ ١٩,٠٠٠)

حدود واحتماليات النظم Systems Passibilities and Limitations

إن أداء محلل الحركة يتنوع تبعا لنوع جهاز الرصد وجهاز معاملة الاشارة المستخدم فإن الأنظمة التى تستخدم العلامات المباشرة بالرغم من ظهورها فى وقت مبكر من نظام تحليل الحركة أوتوماتيكيا (ميتشيلسون١٩٧٥-Mitchel-son)، (وولترنج Woltring ١٩٧٤) إلا أن استخدامهم لايزال مستمراً نظرا لسرعتهم النسبية (كما أن لهم معدل مرتفع فى اختبارات العينة) وأيضا لا تتطلب تعقب مسارات العلامات. وعلى الرغم من تخلف هذه النظم فى مجال مدى الاعتماد عليها ووضوحها ومرونتها إلا أنها تتيح الفرصة لمعاملة البيانات بصورة عالية دون الحاجة لتدخل مسئول عن التشغيل. ومن ناحية أخرى فهى بطيئة لأن الشخص الخاضع للتجربة يجب أن يرتدى أسلاك وتوصيلات كهربية ووحدات تحكم وعادة ما يشكل ذلك عائقا فى تحليل الحركات السريعة (مثل الحركات الرياضية) كما أنه يعيق جميع الحركات السريعة (مثل الحركات الرياضية) كما أنه يعيق جميع الحركات الأخرى ودرجة الوضوح ليست عالية بالرغم من الثبات الكامل فى كلا نظام العلامة المماثل للبعدين ونظام الصفوف الخطية وذلك لعدة أسباب.

فى التحليل الحركى عندما تستخدم مشتقات قياس الوضع لحساب السرعة فإن وضوح مشتقات kth للبيانات تعتمد على قوة الـ C/k من معدل الاختبار. (لانشمور Lanshmmor ١٩٨٢).

ولذلك يمكن أن يكون الوضوح أكثر دلالة من معدل الاختبار.

إن صمامات الثنائية المماثلة للصورة ذات التأثير الجانبى تعانى أيضا من قلة الوضوح الذى يرجع سببه إلى انعكاسات LED وإضاءة الخلفية IR، بينما

الصفوف الخطية تتأثر بالتشويش الناتج عن العدسات الأسطوانية. إن تقليل زاوية الرؤية الموجودة فى كلا النظامين يمكن أن يمثل إعاقة فى مواقع الاختبار أو التجربة.

ولا يستطيع أى من الأنظمة تقديم صورة مرئية للمشهد الذى يتم قياسه. إن الأنظمة التى تستخدم العلامات غير المباشرة، بالرغم من أنها تتطلب عملية تعقب المسارات إلا أنها تقدم ميزات فى الحرية والحركة (حيث لاتوجد عوائق أو توصيلات سلكية) مع مرونة عالية فى موقع التجربة. وأيضا يمكن رؤية صورة الحركة على شاشة المونيتور مع العلامات وهذا يضمن أمكان تقسيم موقع التجربة. وهناك عدة حلول لمشكلة تعقب العلامات. والعوائق التى لاتزال تؤثر على هذا الاتجاه هى صعوبة تعقب أثر العلامات عندما يغيب أحدهما أو كلاهما لوقت طويل (عندما تحدث حركات دوران للشخص فى مجال كاميرا الفيديو) والحاجة للتحديد المبدئى قد يجعل معاملة البيانات الفعلية عملية شاقة. فالإتجاه الآن يميل نحو التشغيل الاتوماتيكى الذى يقوم بتعقيب مسارات نظام الأبعاد الثلاثة أكثر من نظام البعدين.

وبعض التطورات الأخرى تحاول الاستفادة من الحقيقة القائلة بأن نقطة التقاء الخطوط تبدأ من انعكاس للنقطة P (فى فراغ الأبعاد الثلاثة) الى صورتين مختلفتين لجهازى الرصد حيث (البعدين) يجب أن تتقاطع بالضبط.

ولسوء الحظ عندما يزيد عدد العلامات تظهر عدة نقاط التقاء زائفة تجعل من الضرورى إجراء بعض التحكم. والاتجاهات الأخرى تستلزم استخدام شبكة ظهرية لتعيين العلامات على أساس ملفات التعقب السابقة. كما أن معدل الاختبار سوف يزيد، فشكراً للتكنولوجيا الحديثة التى سوف تجعل العلامات المتاحة أكثر سرعة.

الخلاصة : *CONCLUSION*

إن التطورات التقنية الحديثة قد جعلت الأنظمة التى تعتمد على الأجهزة البصرية ملائمة لتحليل حركة الإنسان فى الأبعاد الثلاثة، كما أن سرعة جهاز الكمبيوتر وتكاليفه المنخفضة مع التطور فى برامج وديسكات الكمبيوتر فى مجال تحديد وتعقب العلامات تعنى أن الجمع بين العلامة غير المباشر وكاميرا الفيديو الموجهة سوف يمثل المستقبل المثالى للتجربة فى هذا المجال. وهذا فإن على الباحثين استخدام مبادىء التقويم الموضحة فى هذا الفصل عند اختيار معدات القياس والعلامات وتصميم الصورة الخاصة بهم.

الفصل الرابع

أساليب التهذيب والتفريق المطبقة على بيانات الأبعاد الثلاثة

المراجع

Smoothing and Differentiation Techniques Applied to 3 - D Data

الفصل الرابع

أساليب التهذيب والتفريق المطبقة على بيانات:

يتعامل هذا الفصل مع أحد المشكلات الدائمة الحدوث والتى تعيق التطبيق المتواصل لتحليل الحركة. إن الفجوة بين الهدف النهائى للتحليل وما يمكن قياسه مباشرة عادة ما تكون واسعة وهى تقلل من إقدام كثير من الباحثين وإقبالهم على دراسة الحركة الإنسانية. ورغم أن معدل انتشار آثار الخطأ فى هذا التحويل معقولاً إلا أن هناك إجراءات خاصة يمكن اتخاذها فى سبيل تقليل هذه الأخطاء. بعض الأخطاء تتعلق بالعملية الخاصة للبحث وبعضها لا يعتمد عليها مطلقاً. الأمثلة على الرأى الأول هى حدود النموذج الوظيفى الذى يصف الحركة (على سبيل المثال أن نموذج الجسم الصلب يتجاهل وجود كل الأنسجة الرخوة أثناء الحركة أو أخطاء تشويش الصورة غير المعوض فى أجهزة القياس). ومثال للأخطاء المستقلة أساساً قياس التشويش واسع المدى فى الأجهزة الاليكترونية البصرية لأسلوب الأبعاد الثلاثة للحركة المجردة. والأخطاء النظامية فى معدات القياس لها تأثيرها على النوعيات التى تقاس وذلك يماثل أخطاء التصميم فى مكونات سلسلة معادلة المعلومات.. وهكذا فإن التمييز بين الأخطاء المتبادلة وغير المتبادلة يكون أكثر ملائمة من التمييز بين أخطاء القياس والتصميم.

وقد يظهر أنه لا حاجة لتقليل قياس التشويش واسعة المدى بسبب عوائق نموذج الجسم الصلب. وبالرغم من أن ذلك يعتبر صحيحاً بعض الشئ إلا أن أنماطاً مختلفة للأخطاء قد يكون لها تأثيرات مختلفة على التنويعات التى يتم قياسها.

وبالتحديد فإن قياس الموجة العريضة التشويش (البيضاء) يكون لها أثراً ضاراً على المشتقات التى تم قياسها بينما النماذج الصناعية قد يكون لها تأثير أكبر على البيانات المبسطة والترددات القليلة. وما سنناقشه بعد ذلك سنجد أن

من الممكن الحصول على قياسات أفضل للترددات القليلة عن طريق أخذ عينات مستويات أعلى من المطلوبة فى نظرية الاختبار مادام التشويش عنصراً أبيض مضاف.

بدأت الدراسات التى يتم فيها تقويم صفات إشارات الحركة نسبة إلى صفات قياس الخطأ وقيود النموذج إظهار بعض الثقة فى إجراء التحويلات اللازمة لسد الفجوة بين ما نستطيع قياسه وما نحتاج معرفته.

ومن أجل الاطلاع على النماذج الحديثة عن التبسيط والتمييز فى بيانات التشويش فى مجال الميكانيكا الحيوية انظر (هاتز Hatze ١٩٨١م) وود Wood ١٩٨٢م) - رولترنج ١٩٨٥م، ١٩٨٦م، ١٩٩٠م) فيوريتى وجيتو (١٩٨٩م) - دورمان Dohrmain يوسبى Busby (١٩٩٠م) وود، واميكو وفيريجنو (١٩٩٠م - ١٩٩٢م). وفى تاريخ الإحصاء ومعاملة الإشارة انظر كوى Kohi وانسلى Ansley (١٩٨٧م - ١٩٨٩م) فيسلر Fessler (١٩٩١م)- فاجان Vau-ghan (١٩٨٢م).

* * *

المشكلات العامة التى نواجهها
مع أول وأعلى المشتقات

General Problems With First and Higher Derivatives

إن طبيعة تضخيم الصوت فى عملية التمييز معروفة. فإذا كان لدينا إشارة زمنية X (t) تتكون من مجموعة من المتوافقات أو المتآلفات المبينة.

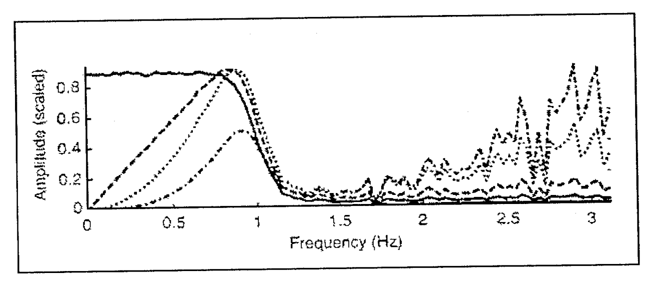
$$X(t) = \sum_{i=o}^{N} a_i \sin(wit + \phi_i) \quad ...... (15)$$

إن قيم X (t) تعرف بـ (a_i) ولكنها فى بداية الاشتقاق من X (t) تكون ($\omega_i a_i$) وتكون ($\omega^2_i a_i$) فى الاشتقاق من X (t) شكل (٣٣).

وهكذا سوف يسيطر ذلك على السرعة والزيادة والمشتقة العليا.

وبسبب تأثير التضخيم ذا التردد العالى يجب على الشخص ألا يختار قطع التردد على أساس مساهمة القوى النسبية (المعرفة فى شكل قيم مربعة) لمكونات الإشارة المرفوضة ولنفترض مثلاً أن الإشارة تتكون من ١ - هـ.ت بقيمة ١+ ١٠هـ.ت = ١,٠٪ وبينما تكون القيم على مستوى الاشتقاق الثانى متساوية.

فوق تردد معين سنجد أن المكونات الطيفية لبيانات الحركة الطبيعية سوف تختص مع تردد فى مثل ذلك الارتفاع لمكونات الإشارة على مستوى الاشتقاق لا ينتج سرعات متزايدة وقوى جامدة (وولترنج ١٩٨٥م).



شكل (٣٣)

مثال لتشويش الإشارة الضوئية الأولى (. . . .) والثانية (. . . .) والثالثة (. . . .) ومشتقات الزمن

فى الكثير من إجراءات القياس فإن الضوضاء البيضاء التى يضيفها الجهاز يكون لها اتساع للموجة أعلى مما كان عليه قبل بداية تحلله بالتردد. (تويلينج ومارس ١٩٨٤م). وهكذا نجد هناك عادة عدة نقاط النقاء للتردد والتى يقل فيها اشارة معدل الضوضاء (SNR) عن ١ فى كل تردد وهذا يضمن قطع التردد لتبسيط Low - Pass. ويكون هذا القطع للتردد متكرراً فى كل مشتقة تقع تحت معيار SNR.

والإشارات فى تحليل الحركة لثلاثة أبعاد له عدة أبعاد مثلاً، يعبر عنه بالمركبات Z, Y, X فى مضاعف العلامات عبر الزمن. والسؤال الذى يطرأ هنا ما إذا كان يجب معادلة مكونات الإشارة على حدة أم لا؟. على سبيل المثال فى تحليل حركة الجسم الصلب فإن المسافة المعروفة والثابتة بين اذدواج العلامات يجب أن تستخدم كعوائق خلال عملية التهذيب والتمييز (مثل جيننج و رود ١٩٨٨م) ويجب أن يتم قياسها فى وقت متزامن مع بعضها إذا لم تكن هناك أولوية. والترددات الأساسية فى المجال السمعى تكون ضعف مثيلاتها فى الاتجاه الجانبى الأوسط. وهكذا يتمكن الشخص من إجراء عملية التهذيب والتمييز المثلى بحرية دون التزام بعوائق (لانج، هاسكيز وكور ١٩٩٠م) (وولترنج ولانج وكور وهاسكيز ١٩٨٧م).

وليس معروف حتى الان أى الاتجاه هو الأفضل ولكن المعاملة المستقلة تعتبر أسهل وعادة ما تتم أسرع. وعلى أية حال فإن المثال السابق يمثل نقطة الانخفاض فى العملية. فإذا تم استخدام عملية المعاملة المستقلة فلن نستطيع تجنب اللقاء مع شروط التردد العالى داخل مكونات إشارة التردد المنخفض وذلك سواء استخدمنا العوائق قبل عملية التهذيب أو بعدها. وقد قال البعض أن مشكلة التهذيب والتمييز يمكن تفاديها بقياسات اشتقاق متكاملة متكررة حتى نحصل على الناتج الذى يمثل البيانات الأولية. ولكن هذا الاتجاه مضللاً أو خادعاً لأنه يعادل قياس الاشتقاق.

ونحن نصادف هذا الخطأ يحدث ليس فقط فى نماذج الحركة المجردة بل أنها تحدث فى نماذج الحركة الشاملة إذا تم ضبط قياسات القوة مرة بعد مرة وحتى الحصول على معايير مناسبة. وهنا نجد أن معيار الضبط المستخدم لتعديل قياسات القوة سوف يحدد الحل النهائى الذى يحتوى مكونات التردد المنخفض.

أما إذا استخدمت الترددات العالية فإنه من المحتمل ايجاد أن وظيفة المعيار المستخدم سطحية وبذلك ستقل مصداقية هذا الحل تحت القياسات الصغيرة أو إعاقات النموذج.

اختيار تردد الاختبار : Sampling Frequency Choice

يجب اختيار تردد الاختبار اختياراً صحيحاً إذا أردنا الحصول على اشارات ثابتة يمكن بنائها من العينات الرقمية.

ومعيار Nyquist يفيد أن تردد الاختبار يجب أن يكون على الأقل ضعف أعلى تردد للإشارة. وهذا لا يعنى استخدام ترددات أعلى فى الاختبار. فالاختبارات ذات الإشارة المستمرة سوف تبين بالتفصيل كل الترددات التى تعلو على تردد Nyquist $\omega_N = \pi / t$ (مثل نصف ترددات الاختبار) وتضعها فى موجة Nyquist $\omega_N \le \omega \le \omega_N$ وهذا المعيار يضمن أن هذا التفكيك لن

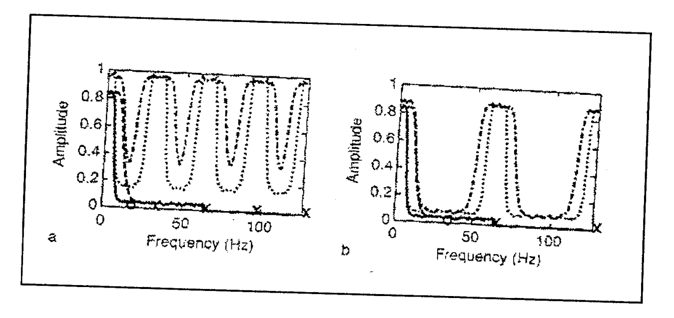
يحدث لمكونات الاشارة فى البيانات أما الضوضاء ذات الترددات العالية فسوف تستمر فى التفكك والضم لموجه Nyquist ويظهر ذلك من ارتفاع عمود الضوضاء على الخط البيانى فى شكل (٣٤) b , a وعلاوة على ذلك فإن مجال البيانات (الاشارت + الضوضاء) سوف يتم تكراره حول ترددات $2 K \omega_N$ مع $K= ...., - 2, - 1, 0, 1, 2, ...$

وتكرار هذا التردد قد يبدو غريباً حتى ندرك علاقته بتأثيرات الستروبوسكوب عندما يحدث أى ظاهرة وتخضع للاختبار فإنه من الصعب تحديد مدى ترددها الأصلى.

وبين نقاط البيانات يمكن أن تتداخل مكونات ذات ترددات عالية أو منخفضة. ويساهم الترددات المنخفضة فقط (فى موجه Nyquist) أما الإشارات المتداخلة الأخرى فتعتبر صفر.. رياضياً معاملة الإشارة الرقمية فى نفس المجال الزمنى والترددى يحدث فى زمن دائرى أو مجال تردد. ومعاملة الاشارات الدائمة تحدث على مجال خطى طالما بقى قياس الضوضاء فوق مستوى تردد Nyquist سوف تكون أصغر (تويلنج ومارس ١٩٨٤م).. وقد قام جاستافسون (١٩٧٧م) ولانشمار (١٩٨٢م) باشتقاق العلاقة التالية بين مستوى الضوضاء σ_k^2 لكل عينة بعد التهذيب والتمييز لبيانات الاختبار ذات الموجه المحدودة.

$$\sigma_k^2 = \sigma^2 \tau \frac{\omega^{2k+1}}{(2K+1)\pi} \qquad .... (16)$$

حيث أن $o < K$ فى نظام الاشتقاق $(o = k)$ التهذيب بدون التمييز) ω=تردد Low - Pass ، σ الاشتقاق الأمثل للضوضاء فى العينات الاولية و τ فترة الاختبار (مقلوب تردد الاختبار).



شكل (٣٤)
تكرار الاختبار وحاصل ضرب (×) : تكرار Nyquist (ω_N) مسجل (o)

وفى هذه الحالة يصبح الفصل بين الإشارة والضوضاء مثالى. وهذا الأثر سوف يتضح أكثر مع التحويل اللاخطى فى بناء الأبعاد الثلاثة لمركبات العلامات من ناتج ملاحظات الكاميرا، تحدث بعض التأثيرات اللاخطية. وعلى أيه حال فان تفصيل مركبات الأبعاد الثلاثة يبين العلامات الخاصة ببيانات الجسم الصلب تكون أيضاً لا خطية. وبذلك يمكن حدوث الفصل بين مكونات الإشارة المنخفضة والموجة العريضة ويجب أولاً إضافة المؤثرات الصوتية.

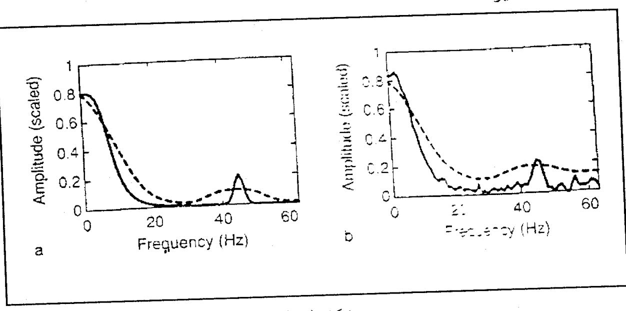
وحالما تم التهذيب فإنه يمكن عمل التمييز عن طريق الاختلافات ونظم الاستبقاءات، حتى بعد التحويل اللاخطى. وعلى أية حال فإن مدة التمييز والاستبقاء يجب أن تكون قليلة نوعاً ما للسماح بالتقريب الخطى لأعلى وأول المشتقات فى الترتيب.

ويجب أن نلاحظ أن عملية المعاملة الحرة للبيانات الأولية قد لا تتيح الاستخدام الأمثل للمعلومات المتاحة على سبيل المثال فان خطوط الرؤية الواصلة بين الكاميرات وأجهزة الرصد لابد أن تتداخل فى نقطة واحدة. أما الأخطاء التى نواجهها فى هذه الحالة فقد تساعدنا على افتراض مواقع الخطأ

فى النظام خاصة إذا كان هناك أكثر من كاميرتى فيديو. ويعتبر ذلك فى صالح الأبعاد الثلاثة الخطى قبل التهذيب.

وعلى نحو مشابه فإن المعرفة المسبقة للمسافات بين العلامات يمكن استغلالها فى القياس المباشر للموقع وقياس اتجاه الجسم الصلب وموقعه من الكاميرا. والمثال على ذلك هو التحويل الخطى المباشر المستخدم على نظام الابعاد الثلاثة للكاميرا حيث موقع واتجاه الهدف وعلاقاته بالآخر مع عدد معين من وحدات البارامتير يمكن أن نحصل عليها من DLT 11 بارامتير والتى تنتج أثناء التدرج فى الموقع.

ونظرياً يعتبر أفضل اتجاه هو القيام بجميع عمليات المعاملة فى نفس الوقت باستخدام أدوات النظام الحديث وقياس البارامتير (ايكوف ١٩٧٤م، زودستوم وستوشيا ١٩٨٩م) وبهذه الطريقة نستطيع قياس القوة الموجهة لوضع الجسم الصلب وشبكة الاتجاهات والقوة الموجهة لسرعتها وعجلتها (على المحور الخطى أو الدائرى) وذلك من خلال ملاحظة كل البيانات الخاصة بمجموعة العلامات.. حتى إذا كانت بعض العلامات ليست دائماً فى دائرة ملاحظة الكاميرات.



شكل (٣٥)

التأثير غير الخطى فى المجال الزمنى وانحراف الطيف (a) حر التشويش، (b) الإشارة المشوشة قبل (الخط الثابت) وبعد (....) الإشارة المربعة فى مجال الزمن

وبالإضافة لذلك فإن الشخص يمكنه إدماج قياسات العجلة والموقع. . وتعتبر قياسات الموقع مفيدة بصفة خاصة بالنسبة للمجال ذا التردد المنخفض بينما تساهم بيانات العجلة فى المجالات ذات الترددات العالية (لادن و ود١٩٩١م).

والأقسام التالية ستناقش بعض الاتجاهات الحالية بين عمليات المعاملة المستقلة والمتزامنة.

الأساليب البارامترية : ومناسبة النموذج Parmetric Methods : Model Fiting

يبدأ الاختلاف بين النماذج البارامترية والنماذج اللابارامترية من وقت ظهور نظم الحاسبات عندما يعبر عن النماذج اللابارامترية بمنحنى لوظيفة أو جدول أما النماذج البارامترية فكانت تعطى بناء ولكن بعدد محدود من وحدات البارامتر معروفة.

وفى مجال الإشارة الرقمية فان التمييز بين النوعين لاداعى له لأن كلا النوعين يعتمد على وحدات البارامتر فى القياس. ولكن يبقى من الممكن التمييز بينهم على أساس عدد وحدات البارامتر التى تستلزم كمية من البيانات المتاحة. . وبمعنى آخر على أساس درجات الحرية. وهكذا فان التناسب بين القطع المكافئ ومجموعة وبيانات الصوت عملية بارامترية بينما عملية quintic Spline ومناسبتها للبيانات عملية بارامترية.

وفى بعض العمليات يتم المزج بين النماذج البارامترية واللابارامترية فى مجال التردد (انظر د. اميكو وفيريجنو ١٩٩٠م - ١٩٩٢م).

وفى أسلوب القياس بالبارامتر يكون النظام الرياضى من عدد من البارامتر المجهولة أو المعروفة جزئياً والمشكلة هنا هو كيفية قياس هذا العدد من البارامتر من مجموعات خاصة متكررة من البيانات الصوتية. مثلاً إذا كانت الإشارة الصفرية ذات شكل معروف X(t) وتختفى وراء إشارة الضوضاء Y(t) بإضافة ضوضاء بيضاء ثابتة (انحراف σ يعنى الصفر أو كمية غير

معلومة) وهى عملية تسمى التعقيب التوليفى فى تكنولوچيا الرادار التى تعتمد على إيجاد القيمة القصوى للوظيفة ذات العلاقة التبادلية.

$$P(T) = \int x(t)\, y(t + T)\, dt, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (17)$$

والقيمة القصوى يمكن إيجادها فى مجال التردد لأن عدد اللفات فى مجال الزمان يماثل عملية الضرب فى مجال التردد. وباستخدام أساليب تحويلية سريعة يمكن اختزال عدد كبير من عمليات الكمبيوتر (اوبنهايم وشافر ١٩٨٩).

وعموماً فإن قياس الباراميتر تحت ظروف إضافة الضوضاء يمكن ترجمته إلى محاولة حل مشكلة النظام الخطى.

$$A\vec{a} = \vec{y}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (18)$$

حيث أن A مصفوفة $n * m$ المعروفة لرتبة m وعادة مع $n >> m;\ \vec{y} =$ $(Y_1,\ldots, Y_n)$ كمية الضوضاء الحقيقية والغير معروفة $(\varepsilon_1,\ldots, \varepsilon_n)$ $\vec{\varepsilon}$ والتى تعرف بالتحديد صفاتها وحيث $a = (a,\ldots\ldots a_m)$ تحتوى على عدد البارامترات المراد قياسها.

ومثال على ذلك أحكام القطع المكافئ $X = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$ لمجموعة من بيانات التشويش (Yi) $m \geq 3$ المخزنة فى n - vector $\vec{y}$. تعريف صف n والقوة الموجهة $(1, t^1\ t^2)$ واحد لكل نقطة زمن (t_i) وهذه المصفوفة يمكن ربطها عن طريق $n * 3$ Matrix x A. إذا كانت قيمة التشويش تعنى صفر وان $\xi(\varepsilon) = O$ بشبكة معروفة غير مفردة $(\varepsilon\varepsilon)$ $\vec{\xi}$ فإن أفضل نظام للقياس هو كما يلى:

$$\hat{\vec{a}}_{blue} = N_{blue}\, A' / N^{-1}\, \vec{y} \quad \ldots\ldots\ldots (19)$$

$$N_{blue} = (A'\ N^{-1}\ A)^{-1} \quad \ldots\ldots\ldots (20)$$

وفى أغلب الأحيان فإن N تكون مرفوعة لعامل النسبة الذى يمكن الحصول عليه من اختلاف الفرق بين الناتج O_{res}^2 مثل ما يلى:

$$\sigma^2_{res} = \frac{\overset{\Lambda}{\vec{\varepsilon}} \; \overset{\Lambda}{\vec{\varepsilon}}}{(n - m)} \quad \ldots\ldots \quad (21)$$

حيث أن $\overset{\Lambda}{\vec{\varepsilon}}$ الخطأ المناسب بين البيانات والنموذج، أو :

$$\overset{\Lambda}{\vec{\varepsilon}} = (I - AN_{blue} A^1 N^{-1}) \vec{y}$$

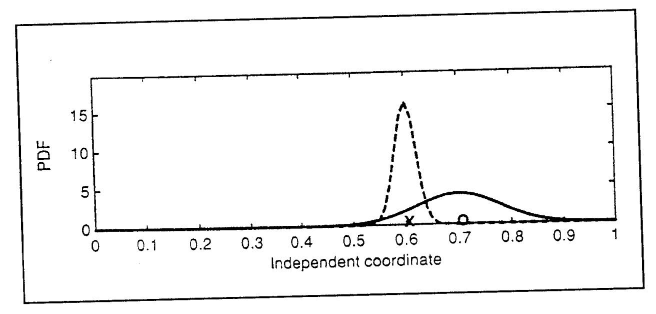
وحيث أن تباين المصفوفة (Coveriance Matrix) N_{blue} يمكن قياسه مثل:

$$N_{blue} = \sigma^2_{res} \; (A' \; N^{-1} \; A)^{-1}$$

وبالرغم من أن ناتج التربيعات التقليدية مناسب لبيانات الصوت أو التشويش قد يؤدى إلى الحصول على قياسات متتالية إلا أن تنوع القياسات قد يكون كبيراً جداً إذا كانت مصفوفة البيانات A شبه مفرده.

والاختلافات فى بيانات الصوت يعتبر مثالا لحالة شبه الانفراد. ولذلك قد يكون من المفيد أن تسمح ببعض الانحراف فى أمر القياس. والذى بدوره سوف يقلل فى تنويعات القياس بصفة معقولة.

انظر الشكل (٣٦).



شكل (٣٦)

مثال لأساس وتباين الصناعة على بعد لتقدير البيانات. احتمال معامل الكثافة (PDF) لأفضل تقدير غير خطى (الخط الاسود) والمقوم وقع بالخط المقطع (. . .). وعلامة المتوسط الحقيقى صفر وعلامة المتوسط المؤسس (X)

تنقية Low - Pass فى عملية التفريق يعتبر مثالاً على فرض مثل ذلك الانحراف. ومن أجل تقليل مستوى Stochastic error فإن علينا إدماج بعض المركبات المحددة.

وهذا يتطلب إزالة التشويش. الإشارات الأخيرة فى الحقيقة هى شكل من الانحراف.

وهناك طريقة لفرض قليل من الانحراف بفرض عدد من المعوقات النسبية على النظام الخطى (١٦)

$$Ca = O,$$

حيث أن K * m matrix = C أما لتحديد مقدار الوزن المؤثر على هذا الانحراف بإضافة عامل وزن إضافى فإن تنظيم الباراميتر X يجب أن يكون أكبر بكثير من الصفر. وفى عملية التفريق مثلاً، يمكن فرض العائق على نطاق الاشتقاقات. والقياس الناتج هو:

$$\vec{\hat{a}}_{biased} = (A' N^{-1} A + \alpha C'C)^{-1} A' N^{-1} y . \quad ....(25)$$

وتوجد نماذج مشابهة فى مجال التصوير الطبى (الاشعات الطبية) (CT ,MRI)

واستخدام عوائق للوزن فى معادلة (١٩ - ٢٤) فإن لذلك أثراً فى إيجاد العلاقة التبادلية بين عناصر $\overrightarrow{\hat{a}}$ وأيضاً تقليل الأبعاد على $\vec{a}$ وفى الحقيقة يمكن وصف كيفية تبسيط الشريحة تبعاً لهذه النماذج ولكن عندما m = n وتختلف عن وضع m << n للنموذج البارميترى.

والسؤال يبقى ما مدى الانحراف المفروض إيجاده لتقليل مستوى التشويش فى القياس a_{biased} بالقدر الكافى دون الخلل بالإشارات أيضاً.

وهذه القضية التى تتعلق بالتنظيم المثالى واختيار القيم المناسبة لـ α سوف يطرح فى قسم المعادلة التالية للبيانات.

الأساليب اللابارامترية

Nonparametric Methods

إن أسلوب أحكام الشريحة الزمنية وأساليب Fourier السريعة فى مجال التردد غالباً ما تعتبر أساليب لابارامترية لمعادلة الإشارة. ولكن هذه الأساليب تعتبر أيضاً بارامترية بالرغم من حقيقة أن النموذج الذى يراد أحكام بياناته عام وذلك يستدعى وجود عدة وحدات بارامترية غير معروفة.

وهناك تاريخ طويل لهذان الأسلوبان ولكن لا يسمح الفصل بذكره. ولكن يمكن للقارئ العودة للتاريخ الأصلى للموضوع مثل كتاب عام ١٩٨٩م الذى ألفه (أوبنهايم وشافر وعنوانه الكلام ومعادلة الإشارة).

كما أنه توجد عدة برامج كمبيوتر خاصة بالموضوع وتتيح المساعدة فى عملية تنقية البارامتر من الزمن المحدد أو متطلبات مجال التردد

(مثل NETLIB @ RESEARCH . ATT . COM) الذى يمكن الرجوع إليه فى الفهرس أو مخاطبته عن طريق القنوات التجارية.

أساليب مجال الزمن : Time Domain Method

إن مصطلح التنقية الرقمية له عدة معانى قد يختلط بعضها فى علم الميكانيكا الحيوية والمصطلح رسمياً يرجع لأى شكل من أشكال معاملة الاشارة الرقمية سواء فى ذلك إذا كانت تمهيد Low - Pass أو التفريق أو أى نوع من التحويل. وفى مجال الزمن فان مصطلح تنقية عادة ما يفسر فى نطاق ضيق على عكس التمهيد والتنبؤ. عند وجود مقدار محدد من وحدات قياس التشويش فى فترة زمنية T_{min} T_{max} وعندما يقاس التحويل للزمن T التمهيد يشير إلى الحالة $T_{min} < T < T_{max}$ التنقية تشير إلى T_{min} T_{max} أو التنبؤ يشير إلى $T < T_{max}$. مثلا فى أسلوب Kalman للتنقية فان القياسات السابقة والحالية تستخدم لقياس القيم الحالية للموقع، السرعة والعجلة من بيانات التشويش. وعند استخدام المعلومات المستقبلية أيضاً يتم تطبيق مصطلح التمهيد (فيوريتى وجبتو ١٩٨٩م). إن أجهزة التنقية تستطع قياس البيانات الماضية والحالية والمستقبلية خلال مجموعة من الاجراءات.

كثير من أساليب المجال الزمنى المعروفة تعمل جيداً اذا كانت البيانات الأولية يفترض فيها الثبات. ومن المهم على أيه حال إدراك أن هذا الفرض قد لا يكون صحيحاً فى جميع تجارب وعمليات الميكانيكا الحيوية.

ومن أجل تنقية رقمية مثلى نعود هنا للإشارة للتاريخ. وفى علم الميكانيكا الحيوية فإن استخدام وظائف الشريحة قد أصبح شائعاً منذ نشر كتب (سردان وديركيس ١٩٧٩م) وود (١٩٨٢م) وعلى أيه حال فليس هناك إشارات لاستخدام الشريحة فى تاريخ المعادلة الرقمية للإشارات، وقد يرجع سبب ذلك إلى كون قاعدتها الأساسية تحليلية وشيوعها فى الإحصاء كان بعيداً عن مجال تحديد تردد الزمن فى مجال هندسة تحليل الإشارات.

وقد ظهرت حديثاً الصلة بين المجالين (كرافن ووهبة ١٩٧٩م - وولترنج وآخرون ١٩٨٧م) وهناك مركبات أخرى توجد فى مجال التصميم الديناميكى (دورمان وبايس ١٩٩٠م ، كون وانسلى ١٩٨٧م، ١٩٨٩م).

فى السابق أشرنا إلى أسلوب تنقية Wiener . وهنا قد أجريت عمليات التمهيد التنقية والتنبؤ والتفريق فى مجال التردد. وعلى أية حال فإن جهوداً كبيرة قد بذلت من أجل خدمة التطبيقات العملية فى الملاحة فى الفضاء والمدفعية لتقريب هذه العمليات فى مجال الزمن. فإذا كانت الاشارة والتشويش ليس لها علاقة تبادلية - مع وجود قوى كثافة معروفة $S(\omega)$ $N(\omega)$ فإن جهاز تنقية Wiener هو الأمثل لتقليل حجم الخطأ وهو أيضاً يملك وظيفة التحويل (وولترنج ١٩٩٠م).

$$H(\omega) = \frac{S(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)} \quad \ldots\ldots \; (26)$$

على سبيل المثال يتبع نظام التفريق Kth ناتج الـ $(j\omega)^k H(\omega)$ عندما تكون $(j\omega)^k$ هى المثلى وتبعاً لاستجابة تردد جهاز التفريق و J هى الوحدة التخيلية $\sqrt{-1}$ وبالنسبة لأى نوع من التحويل الخطى فإن وظيفة التحويل المثلى فى مجال التردد ترتبط بـ $H(\omega)$ فى المعادلة (٢٦) وهذا هو نتيجة اختبار المعيار المثلى. . . .

بالرغم من أن أسلوب تنقية Wiener قد يكون مثالياً من وجهة نظر مجال التردد إلا أن له تأثيرات عكسية فى مجال الزمن. واعتماداً على عمل اندرسن Anderssen وبلوم فيلد Bloomfield (١٩٧٤م) قام هانز (١٩٨١م) بوصف عملية Fourier للتحويل السريع لقياس Law - Pass للإشارات المنقاة ومشتقاتها. ومشكلة عدم ثبات البيانات قد أصبحت مؤكدة نظراً للطبيعة الدائرية لعملية .FFT والبيانات الدولية تم تعديلها عن طريق طرح الميل الخطى $a_0 + a_1 t$ بطريقة معينة حتى أصبحت النقاط الأولى للبيانات والنقاط الأخيرة قيمتها صفر. وبعد ذلك أصبحت البيانات تتخذ الاتجاه الدائرى المستمر فى أول اشتقاقاتها بالعكس السلبى مثل:

$$X_i = Y_i \,,\; X_{2n+1-i} = y_i \,;\; i = 1,\ldots\ldots, n \;\ldots\ldots\; (27)$$

التمهيد والتفريق تم على مجموعة البيانات المقدمة $\{X_1\}$ فى مجال التردد تبعاً لأسلوب Fourier فى التحويل. ولسوء الحظ أن هذا الاتجاه يتطلب فرض قطع الاشتقاق الثانى على موانع التسجيل (i = 1 and i = 2n) إذا كان الاشتقاق الثانى الحقيقى لا صفرى فى هذه النقاط أما تنقية البيانات Low - Pass فى مجال التردد قد نتج عنه طنيناً فى إشارة المشتق الثانى ليس فقط على موانع التسجيل ولكن خلال مدى البيانات (وولترنج ١٩٨٥م).

أما الأساليب البديلة التى تتجنب الحقائق الزائفة فيجب استخدامها تحت الظروف المناسبة وأيضاً هناك كتب عديدة تبحث فى مجال الإشارة وتطوع أساليبا عديدة لها فهناك أساليب تعتمد على استخدام برامج الكمبيوتر متاحة فى الأسواق كما أنه هناك أساليب يمكن منها الاختيار بين معايير تختلط فيها مجالات الزمن والتردد.

المعاملة المثلى للبيانات : Optimal Data Processing

إن العديد من الكتب تمد المستخدم بأساليب التحكم الكامل فى استجابات التردد أو الزمن وهنا تصبح المشكلة هى كيفية الاختيار بين تلك الاستجابات. وهذا بدوره يظهر لنا مشكلة أخرى وهى القياس الأمثل لاستجابات التنقية المطلوبة من البيانات ومثالاً على ذلك هو أسلوب تنقية Wiener التى ناقشناها فى السابق عندما تم قياس مجالات الصوت والإشارة من البيانات أو تم افتراضها. وفى العلم الحديث فإن الأساليب المثلى قد تم طرحها للبحث خاصة فى خدمة مجال ملاحة الفضاء.

وبذلك فإن استجابات التنقية يتم تحديدها وعدد وحدات الباراميتر يتم قياسها من البيانات على سبيل المثال يمكن أن تقرر استخدام جهاز تنقية Butter Worth الذى يعمل بنظام mth بوظيفة تحويل ونحاول إيجاد تردد cut - off مناسب ω_c من البيانات لأن هذا النوع من الفلتر يسمى:

$$H_{\propto}(\omega) = \frac{1}{1 + (\omega / \omega \propto)^{2m}} \quad .... \quad (28)$$

بفلتر (IIR) يعمل عادة بطريقة الإعادة للمعاملة المباشرة فى مجال الزمن وحالته الآلية تعتبر مهمة. وهذه الحالة الأولية قد تؤثر على قيم الاشتقاق المكتسبة تباعاً من ألبيانات الممهدة. وهكذا قد يفضل البعض فلتر (FIR) الذى تكون فيه عملية التحكم فى وضعه وتشغيله.

وقد قام هانز (١٩٨١م - ١٩٩٠م) وولترنج (١٩٨٥م-١٩٨٦م-١٩٩٠) بوصف الأساليب المثلى لقياس البيانات الممهدة ومشتقاتها من تسجيلات بيانات الصوت. وقد قام هانز بتطبيق هذا الأسلوب على موديل FFT ووصف وولترنج ودورمان وبابسى هذه الأساليب وقاموا بتقديم برامج لتشغيل هذه الأساليب فى مختلف المجالات.

ويفترض للوصول للكمال تحديد المعايير الواقعية حتى يتم الوصول بها للكمال. وهذه بدورها تستلزم افتراضات محددة عن البيانات (الإشارة والضوضاء) حتى يتاح معاملتها بأفضل أنواع الفلاتر أو المنقيات. وبسبب بعض عيوب بالنماذج فإن الفروض غير الواقعية، والسؤال الذى يجب طرحه هو ما مدى نشاط أو تحمل الأسلوب إذا لم يتم استيفاء فروض النموذج؟ مثلاً إشارات التردد مع إضافة ضوضاء بيضاء يمكن فرضها غالباً فماذا يحدث اذا كانت البيانات لا تحتوى على ضوضاء بيضاء أو إشارات ذات تردد عالى؟ ولهذا فما هى دلالة قياسات الجسم الصلب فى الحركات والقوى المشتركة مع الوضع فى الاعتبار طبيعة الجهاز الإنسانى الذى لا يتسم بالصلابة؟ (ومثال لذلك سوف يناقش فى القسم القادم). فى الجوهر كثير من هذه الأساليب يمكن جعلها تقتصر على مشكلة التنظيم الأمثل لقياس البارامترات كما هو مبين مثل $\propto$ فى المعادلة (٢٥).

التوثيق العام المتبادل : Generalized Cross - Validation

فى أعمال كرافن ووهيه (١٩٧٩م) هناك اتجاه واحد امثل لتحديد $\propto$ من البيانات وهو ما يسمى بالتوثيق العام المتبادل (GCV) وفى جوهره يتطلب هذا الاتجاه قياس وظيفة الاحكام التى تعتمد على جميع نقاط البيانات ما عدا نقطة kth لبعض القيم المعطاه لـ $\propto$. والخطأ المتوقع عند k_ε هذه النقط يستخدم بعد ذلك فى تحديد الخطأ العام لـ (RMS) وهكذا (RMS) أفضل التنبؤات فى مجال إحساس RMS. وعلى النقيض من التوثيق المتبادل العادى (DCV أو CV) يستخدم نظام GCV عوامل الوزن لتحقيق مدد غير متساوية فى المتغير المستقل.

ومن المدهش حقاً أن موضوعى استخدام الشرائح فى الإحصاء والتنقية الرقمية فى الهندسة الكهربية قد اقتربا من بعضهما الآخر. ويظهر لنا أن سمات مجال التردد للشرائح المنتظمة يماثل إلى حد بعيد تلك التى يستخدمها نظام فلتر Butter Worth. ووظيفة أسلوب GCV تتحدد بالخطأ فى فرق الناتج وتأثير عرض موجه التوقف فى الفلتر. فإذا كانت $H\propto(\omega)$ هو استجابة الفلتر $X(\omega)$, هو المجال الداخل فإن المجال الناتج $Y\propto(\omega)$ ومجال الخطأ $E\propto(\omega)$ يحسبان كما يلى:

$$y_\propto(\omega) = H_\propto(\omega)\, x(\omega), \quad \ldots\ldots\ldots (29)$$

$$E_\propto(\omega) = \xi H_\propto \{\omega - 1\}\, x(\omega),$$

والقوة المتبقية لكل وحدة ترددية فى موجة التوقف W_{stop} كما يلى:

$$\sigma^2_\propto(X) = \frac{1}{\omega_{stop}} \int_{o.}^{\pi/\tau} / E(\omega) / 2\, d\omega \quad \ldots\ldots (30)$$

إذا كان الفلتر مثالياً فإن $H_\propto = O1$ تبعاً لتردد الفلتر $\omega_\propto$ ويساوى صفر للترددات الأعلى ثم $\omega_{stop} = \pi / \tau - \omega_\propto$ والقوة المتبقية فى موجة التوقف تساوى :

$$\sigma^2_{\propto} = \frac{1}{(\pi / \tau - \omega_{\propto})} \int_{\omega_{\propto}}^{\pi / \tau} | X (\omega) |^2 d\omega , \text{ .... } (31)$$

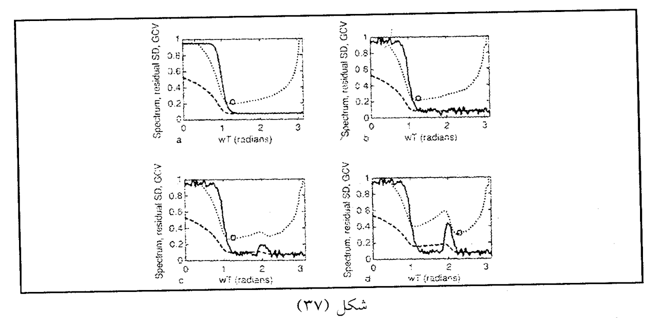
عندما تكون τ هى مدة الاختبار. أما الضوضاء البيضاء $X(\omega)$ أساساً تكون مسطحة لأى $\omega_{\propto}$ أقل من أقصى تردد للإشارة. ولذلك σ^2 سوف يكون ثابت أيضاً و GCV وظيفته يتم الحصول عليها بالتقسيم مرة أخرى على ω_{stop} والقيمة المثلى تنتج باختبار هذه القيمة المحددة لـ $\omega_{\propto}$ التى عندها تصبح وظيفة الـ GCV فى أدنى مستوياتها.

وعملياً فان الفلاتر الخطية مع عرض موجه نهائى بين $H(\omega) = 1$ و $H(\omega) = 0$ ويمكن تعميم هذه الفكرة عن طريق وزن كل مكون من مكونات التردد. ويظهر أن أثر مصفوفة التنقية $A_{\propto}$ فى التحويل الخطى كما يلى:

يمكن استخدام $Y_{\propto}$ بين البيانات الأولية الداخلة والناتج الممهد لهذا الغرض (كرافن ووهيه ١٩٧٩م) لأن الفلتر الأمثل يساوى عدد مكونات التردد وعرض موجه التوقف نسبيه إلى $n - n_{\propto}$ لان إجمالى القوة المتبقية يمكن استخراجه فى مجال الزمن ككمية من الفروقات المربعة بين البيانات الأولية والبيانات الممهدة.

من أجل إشارة Low - Pass والضوضاء المضافة يكون الخط الأفقى فى المجال عالى التردد ينتج عن ذلك ما يشبه ما حدث فى الشكل (٣٧) وهذا فى مجال البيانات الأولية يتم رسمه بخط متواصل يعبر عن وظيفة التردد. بينما المقدار الباقى من تردد الانحرافات فى كل وحدة وقياس GCV يتم رسمه بالخط المنقط والمتقطع وهما يعبران عن وظائف تردد الفلتر تبعاً لتردد نظام Ny-quist. لأن بيانات التردد العالى تحتوى على ضوضاء مع طيف ثابت والمقدار الباقى للانحرافات يتماشى مع البيانات.

لتقليل تردد cut - off فان وظيفة s . d تبدأ فى الانحراف فى مجال الاشارة لأن هذا المجال يبدأ فى التغيير مع التردد.



شكل (٣٧)

أنسب توثيق عام متبادل (GCV) المؤسس على أقل مرور للتهذيب من أجل أقل مرور منخفض للتنقية، أقل مرور للإشارة، واختلاف نوع التشويش: (a) البيانات النموذجية، (b) ليت القيمة الأعلى، (c) أضعف قيمة، (d) أقوى قيمة والرمز (o) يشير إلى دالة GCV الحقيقية.

ولأن الإشارات الحقيقية التى نحصل عليها عن طريق تحليل حركة الأبعاد الثلاثة لن تتمكن من تحقيق فروض النموذج فالسؤال الذى يفترض طرحه هو كيف ستتمكن هذه العمليات من ممارسة العمل؟ يوضح ذلك الشكل (٣٨ ـ a) وفى شكل (٣٨ ـ b) لا تزال الضوضاء بيضاء ولكن فى الشكلين (٣٨ ـ d,c) تم إضافة قمة فى مجال التردد العالى. لأنه فى الحالة السابقة كانت هذه القمة أصغر من أن تظهر كصوت بأسلوب العدد أو الحساب ولكن ذلك يختلف فى الحالة الثانية. وعلى أية حال فالفلتر لا يستطيع التمييز بين الإشارة أو الضوضاء، ففى النهاية من يستخدم الفلتر يفسر البيانات التى لها الاختبار الأخير.

مجموعة شرائح GCVSPL : Spline Package

بعض هذه المشاكل يمكن توضيحه وحله باستخدام مجموعة شرائح GCVSPL (وولترنج ١٩٨٦م) وفى هذه المجموعة نجد أن الحد الأدنى العالمى والمحلى لوظيفة GCV عن طريق إدخال القيم المراد استخدامها فى البحث عن تنظيم مثال للبارامتر ∝ وهذه المجموعة يمكن استرجاعها بالبريد الاليكترونى.

وتحتوى مجموعة الشرائح المختارة من قبل حتى نظام 2m ويمكن أن نحسب خطياً (m=1) = مكعب (m=3) مخمس (m=5) مسبع (m=7) ومتسع (m=9) والذى يعتبر أكثر أنواع الترتيب التى يمكن الاعتماد عليها.

أما بالنسبة للشرائح الدورية فإن البديل لفلتر Butter Worth المضاعف يمكن إيضاحه عن طريق نظرية Fourier إذا تم تحديد الشريحة كما هو فى التحويل الخطى h (·) ، مع Fourier تحول H (ω) والذى يقلل وظيفة القيمة من أجل تنظيم ثابت للباراميتر. ، كما يلى:

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |h(Xi) - Xi|^2 + \propto \int \left| \frac{\partial^m h\{x(t)\}}{\partial t^m} \right|^2 dt,\ xi = x(ti). \qquad (32)$$

المعادلة (٢٨) يمكن أن تشتق لأن الوظيفة المثلى للتحويل (ω) H ∝ مع

$$\omega_{\propto} = (n \tau \propto)^{-1/2m} \qquad (33)$$

وبالرغم من أن هذه العلاقة تصلح لشرائح المتنافسة إلا أن GCVSPL بالشريحة الطبيعية وجد أنها تؤدى بنفس الطريقة ما لم يكن مقدار التمهيد عالياً جداً.

وهكذا فإن GCVSPL ذا الشريحة لا يتصرف كفلتر مثالى Low Pass وعلى أية حال فإن عرض الموجه المؤثر ينتج كنسب{A ∝} Trace. كما يبين أن A ∝ يمكن أن تشتق كالتالى

$$A_{\propto} = B(B + \propto E)^{-1} \qquad (34)$$

حيث أن مصفوفات B m * n و E موجه ومحددة وتتعلق بالمصفوقات C,N,A كما فى المعادلة (٢٥). وبسبب الطبيعة المحددة للموجة فى هذه المصفوقات فإن حساب Y∝ فى معادلة (٣٢) وفى Trace {A ∝} تكفى ولا

تتطلب قلب المصفوفة كما فى المعادلة (٣٥). والمقدار المتبقى من الانحراف فى مجال الزمن (بنسبته إلى مقدار الانحراف فى كل وحدة تردد فى مجال التردد) ووظيفة GCV يعبر عنها كما يلى:

$$\sigma^2_\propto = \frac{|\{1 - A_\propto\}x|^2}{\text{Trace}\,\{I - A_\propto\}} \qquad (35)$$

$$GCV_\propto = \frac{|\{I - A_\propto\}x|^2}{|\text{Trace}\,\{1 - A_\propto\}|^2} \qquad (36)$$

إن تشابه المعادلات (٢١) و (٢٢) ، (٣٤) مع {1} I = Trace فإن ذلك يستدعى { Trace {I - A بحيث يفسر الرقم المؤثر فى درجة الحرية فى تبسيط المشكلة و { $A_\propto$ } Trace على أنها البارميترات المؤثر $n_\propto$ حتى إذا كان الرقم الإجمالى n ولأى قيمة$\propto$.

ودلالة هذا التفسير يمكن توضيحها لتحديد الحالة وتمهيد 00 $\propto \rightarrow$ GCVSPL ذا الشرائح الطبيعية، إن الشرائح بعد ذلك تقلل إلى كمية متعددة الحدود (m-1) و { A } Trace للوصول لتلك القيمة. بسبب هذا التفسير لـ { $A_\propto$ } Trace انها إحدى باراميترات التحكم التى تستخدم للوصول للأسلوب الأمثل فى نظام مجموعة GCVSPLE.

ومن أجل تحقيق أسلوب مثالى مضاعف فى وظيفة GCV قد يكون من المفيد لتخطيط الكمية المتبقية للانحراف ومدى GCV كوظيفة لـ $\propto$ واستخدام الشريحة فى هذا النظام يماثل استخدام فلتر Butter Worth وهذه العلاقة موضحة فى المعادلة (٣٣) وفى أثناء التجربة وجدت العلاقة الخطية التالية بين { $A_\propto$ } Trace و $\{\propto \omega\}$.

$$\text{Trace}\ \{A_\propto\} = \quad x\{n/2 + mk_n\ \omega_\mu \tau\} \qquad (37)$$

$$K_m \quad = \quad \int_o^\propto \frac{dx}{1+x^{2m}} \downarrow \frac{1}{\pi} \text{ For } m \longrightarrow \propto \qquad (38)$$

وقد وجدت هذه العلاقة تتحقق فقط فى القيم العالية لتنظيم البارامتر وبعد ذلك أصبحت الشرائح متعددة، انظر Bw_{fre} شكل (٣٨) وهذا يعنى أن الشرائح كعينة تحتاج ما يقرب من m/2 كعينات للوفاء بتأثير المركبات.

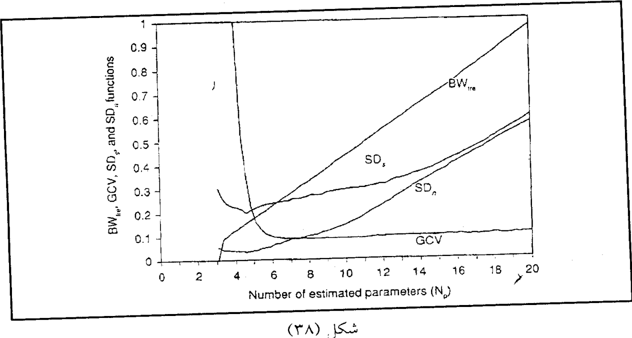
أما بالنسبة لبقية النقاط فإن الشرائح الطبيعية تؤدى عملها تقريباً كالشرائح الدورية وحتى انحراف (m-1). أما المركبات الوهمية فإنها سوف تعمل على الانحرافات الأعلى لتسجيل البيانات إذا كانت قيمة الانحرافات الأعلى لا صفرية فى حدود التسجيل.

وعند حساب الشرائح لقيمة ∝ المختارة من قبل المستخدم فإن مجموعة GCVSPL تستخدم وبديلاً لذلك يمكن استخدام المجموعة بأسلوب متكرر يكون فيه القيم المثالية أو القيم المطلوبة لـ { Trace { A∝ موجودة أتوماتيكياً.

وتحتوى هذه المجموعة على عدة اختيارات أخرى مثل معاملة البيانات والسماح بوجود عدة عوامل للوزن إذا توفرت بعض المعلومات عن توزيع الضوضاء النسبى.

والسؤال المطروح هو ما مدى مثالية أو فعالية أى من الانحرافات التى نتجت عن هذه البيانات الممهدة؟ إن عملية الشرائح تمثل حلاً وسطاً للمناسبة بين مستوى البيانات (انحرافات O-th) والانحناء فى انحرافات mth (هانز ١٩٨١م) قد اقترح استخدام معايير مختلفة للتمهيد لكل انحراف ولكن مجموعة الشرائح لا توفر ذلك. وفى الواقع فإن تعقيد النتائج التى توصل إليها وولترنج وآخرون سنة (١٩٨٧م) ولانج وآخرين (١٩٩٠م) توضح أن مقدار التمهيد كان أقل من المطلوب. شكل (٣٨) وفى هذه الدراسات تم

قياس المحور اللولبى بالنسبة لحركة قرب محور مثبت ولذلك فإن انتشار IHA الذى تم تقدير استخدامه كمعيار كلى لنوعية اكتساب البيانات وحلقة معاملة البيانات. وقد أظهر وولترنج (١٩٨٧م) أن IHA هو الانحراف الأول الذى يتطلب الموقع والسرعة لنقطة الرجوع فى جسم متحرك وسرعة الدوران لهذا الجسم. وبالرغم من تحقيق تطور مؤثر يرجع سببه لأسلوب GCV المثالى فى تمهيد بيانات موقع الضوضاء فإن تمهيداً أقوى قد يقلل مقدار الضوضاء فى بيانات IHA باستخدام عامل من ٢ إلى ٣ (انظر S Ds ، S Dn البيانية فى شكل (٣٩) للتعرف على موقع واتجاه الانتشار و(IHA).

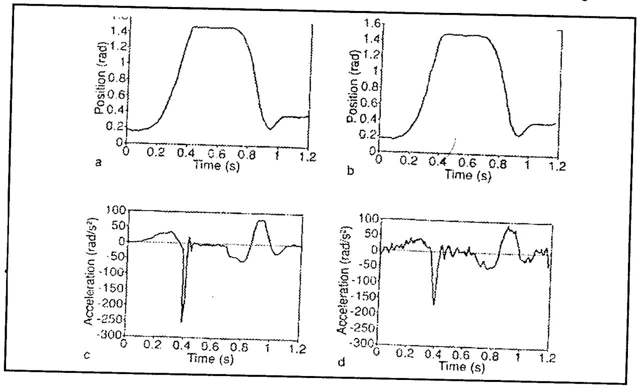


شكل (٣٨)

نتائج التهذيب من أجل تزامن المحاور اللولبية من تشويش بيانات العلامة الأرضية (ولترينج وآخرون ١٩٨٧م). موضع الأخطاء SD، واتجاه الأخطاء SD_n للانحراف الأول الذى يتطلب الموقع والسرعة لنقطة الرجوع فى جسم متحرك وسرعة الدوران لهذا الجسم (IHA).

إن مدى ما يتحقق من مثالية لكل انحراف سوف يؤدى إلى تحسن فى مزايا أسلوب التمهيد والتفريق ومثال لذلك قدمه رولترنج (١٩٩٠م) كان مقدار من البيانات تم معاملتها بواسطة الشرائح الطبيعية GCV لأنماط مختلفة فى شكل (٣٩) a , d فإن المواقع التى تم قياسها وعجلة البيانات يتم مقارنتها بشرائحGCV الطبيعية وما تحصل عليه من قياسات.

وسنجد طنيناً واضحاً يظهر فى الانحراف الثانى وهذا ينتج عن استخدام فلتر Low Pass على إشارة ذات تردد عريض. وبالرغم من اختفاء إشارات الانحراف الثانى على حدود التسجيل فإن مكعب شرائح GCV أظهر مكوناً ذو تردد عالى قوى لا يمكن رؤيته فى نظام شرائح GCV العالية ومن المحتمل أن يكون هذا تأثير الضوضاء على حدود التسجيل.



شكل (٣٩)

(a ، b) موضع البيانات، (d,c) بيانات العجلة المشتقة من Dowling (١٩٨٥م). كلا المنحنين يسارا من تسجيلات غير عملية ويعرض المنحنى فى الجزء العلوى يمينا وضع تهذيب البيانات عن طريق GCV. والمنحنى (d) يعرض المشتقة الثانية لتهذيب وضع البيانات





المراجع
REFERENCES

1 - Anderssen, R.S. & Bloomfield, P. (1974)., Numerical differentiation procedures for nonexact data. Numerische Mathematik, 22, 157 - 182.

2 - Busby, H.R., & Trujillo, D.M. (1985). Numerical experiments with a new differentating filter. Journal of Biomechanical Engineering, 107, 293 - 299.

3 - Cappozzo, A., & Berme, N. (Eds.) (1986). Biomechanics of human movement Applications to ergonomics, sports and rehabilitation. (Proceedings of a Study Institute and Summer Conference on Biomechanics of Human Movement at Formia, Italy). Worthington, OH: Bertec.

4 - Craven, P., & Wahba, G. (1979). Smoothing noisy data with spline functions. Numerische Mathematik, 31, 377 - 403.

5 - D'Amico, M., & Ferrigno, G. (1992). Comparison between the most recent techniques for smoothing and derivative assessment in biomechanics. Medical and Biological Engineering and Computing, 30, 193 - 204.

6 - D'Amico, M., & Ferrigno, G. (1990). A technique for the evaluation of derivatives from noisy biomechanical displacement data by a model - based bandwidth selection procedure. Medical and Biological Engineering and Computing, 28, 407 - 415.

7 - Dohrmann, C.R. & Busby, H.R. (1990). A dynamic programming approach to smoothing and differentiating noisy data with spline functions. In A. Cappozzo & N. Berme (Eds.) Biomechanics of human movement Applications to ergonomics. sports and rehabilitation (PP. 248 - 262). Worthington, OH: Bertec.

8 - Dowling, J.J. (1985). A modeling strategy for the smoothing of biomechanical data. In B. Johnsson (Ed.), Biomechanics X-B (pp. 1163 - 1167). Champaign, IL: Human Kinetics.

9 - Eykhoff, P. (1974). System identification - Parameter and state estimation. London: Wiley.

10 - Fessler, J.A. (1991). Nonparametric fixed - interval smoothing with splines. IEEE Transactions on Signal Processing, 39 (4), 852 - 859.

11 - Fioretti, S., & Jetto, L. (1989). Accurate derivative estimation from noisy data: A state - space approach. International Journal of Systems Science 20 (1), 33 - 52.

12 - Furnée, E.H. (1989). TV - computer motion analysis systems - The first two decades. Doctoral thesis, Delft University of Technology, The Netherlands. ISBN 90 - 9003095 - 6.

13 - Furnée, E.H. (1990). PRIMAS:L Real - time image - based motion measurement system. In. J.S. Walton (Ed.), Proceedings Mini - Symposium on Image - Based Motion Measurement, 1356, (pp. 56 - 62). First World Congress of Biomechanics, San Diego, Ca. Bellingham, WA: Society of Photo - Optical Engineers.

14 - Gustafsson, L. (1977). ENOCH - An integrated system for measurement and analysis of human gait. Doctoral thesis, Teknikum, Uppsala University, UPTEC 77 23R, Uppsala, Sweden.

15 - Hatze, H., (1981). The use of optimally regularized Fourier series for estimating higher order derivatives of noisy biomechanical data. Journal of Biomechanics, 14 (1), 13 - 18.

16 - Hatze, H., (1990). Data conditioning and differentiation Techniques. In A. Cappozzo & N. Berme (Eds.), Biomechanics of human movement - Applications to ergonomics, sports, and rehabilitation (pp. 237 - 248). Worthington, OH: Bertec.

17 - Jennings, L.S., & Wood, G.A. (1988). Co - Joint data smoothing using splines. In A.E. Goodship & L.E. Lanyon (Eds.) ESB 1988 - European Biomechanics (Proc. 6th Meeting of the European Society of Biomechanics). London: Butterworths.

18 - Kohn, R., & Ansley, C.F. (1987). A new algorithm for spline smoothing based on smoothing a stochastic process. SIAM Journal on. Scientific and Statistical Computing, 8 (1), 33 - 48.

19 - Kohn, R., & Ansley, C.F. (1989). A fast algorithm for signal extraction, influence, and cross - validation in state - space models. Biometrika, 76 (1), 65 - 79.

20 - Ladin, Z., & Wu, G. (1991). Combining position and acceleration measurements for joint force estimation. Journal of Biomechanics, 24 (12), 1173 - 1187.

21 - Lange, A. de, Huiskes, R., & Kauer, J.M.G. (1990). Effects of data smoothing on the reconstruction of helical axis parameters in human joint kintematics. Journal of Biomechanical Engineering, 112, 107 - 113.

22 - Lanshammar, H. (1982a). On practical evaluation of differentiation techniques for human gait analysis. Journal of Biomechanics, 15 (2), 99 - 105.

23 - Lanshammar, H. (1982b). On precision limits for derivatives numerically calculated from noisy data. Journal of Biomechanics, 15. 459-470.

24 - Lyche, T. , Schumaker, L.L., & Sepehrnoori, K. (1983). FORTRAN subroutines for computing smoothing and interpolating natural spline. Advances in Engineering Software, 5, 2 - 5.

25 - Oppenheim, A.V., & Schafer, R.W. (1989). Discrete time signal processing. Englewood Cliffs, Nj: Prentice Hall.

26 - Söderström, T., & Stoica, P. (1989). System identification. London: Prentice Hall International (UK).

27 - Soudan, K., & Dierck x, P. (1979). Calculation of derivatives and Fourier coefficients of human motion data, while using spline functions. Journal of Biomechanics, 12 (1) 21- 26.

28 - Teulings, H-L. & Maarse, F.J. (1984). Digital recording and processing of handwriting movement. Human Movement Science, 3 (1/2), 193-217.

29 - Vaughan, C.L. (1982). Smoothing and differentiation of displacement-time data. An application of splines and digital filtering. International Journal of Biomedical Computing, 13, 345-386.

30 - Woltring, H.J. (1984). On methodology in the study of human movement. In H. Whiting (Ed.) Human motor actions - Bernstein reassessed (pp. 35-73) Amsterdam: North - Holland.

31 - Woltring, H.J. (1985). On optimal smoothing and derivative estimation from noisy displacement data in biomechanics. Human Movement Science, 4 (3), 229-245.

32 - Woltring, H.J. (1986). A FORTRAN package for generalized cross - validatory spline smoothing and differentiation. Advances in Engineering Software, 8 (2), 104-113.

33 - Woltring, H.J. (1990) - Model and measurement error influences in data processing (pp. 203-237). In A. Cappozzo & N. Berme (Eds.), Biomechanics of human movement - Applications to ergonmics, sports, and rehabilitation (pp. 203-237). Worthington, OH: Bertec.

34 - Woltring, H.J. (1992). One hundred years of photogrammetry in biolocomotion. In A. Cappozzo, M. Marchetti, & V. Tosi (Eds.), Biolocomotion: Acentury of research using moving pictures (PP. 199-225). Rome: Promograph.

35 - Woltring, H.J., de Lange, A., Kauer, J.M.G., & Huiskes, R. (1987). Instantaneous helical axis estimation via natural cross-validated splines. In G. Bergmann, A. Kölbel, & A. Rohlmann (Eds.), Biomechanics: Basic and applied research (pp. 121-128). Dordrecht: Martinus Nijhoff.

36 - Wood, G.A. (1982). Data smoothing and differentiation procedures in biomechanics, Exercise and Sport Scienes Review, 10, 308-362.

الباب الخامس

تطبيقات التحليل فى الأبعاد الثلاثة فى الرياضة

Application of three - Dimansional analysis to Sport



الباب الخامس

تطبيقات التحليل فى الأبعاد الثلاثة فى الأنشطة الرياضية :
Application of Three Dimassional analysis to sport

يعتبر أمراً جوهرياً استخدام نماذج الميكانيكا الحيوية التنبؤية التى تطبق تكنيكات الأبعاد الثلاثة ونجاح استخدامها فى التطبيقات الرياضية. يرجع المسبق فى ملاحظة ووصف بيانات الزمان الفراغى إلى المدربين. العلماء والمدربين استخدموا الامكانات الفنية لتحليل الأبعاد الثلاثة لتحسين الاداء الرياضى. ومع ذلك لدراسة مكانة الأداءات بدون إزعاج استمرار المسابقات أو برامج التدريب، اكتسبت مداخل فنية ومنهجية علمية جديدة. وعن طريق قليل من الأمثلة، نحن نستعرض وضع التحليل الكمى للأبعاد الثلاثة - تقيد المنهجية فى هذه الرسم المنظورى، والحدود الفنية الحاضرة والحاجة إلى تطويرها - بواسطة تحليل شكل العمل فى تعليم قواعد ضربات التنس، والمتابعة عن طريق أمثلة فى التزحلق على الماء Water Skiing، القفز بالزانة Pole Voulting، وتنس الطاولة Table Tennis.

* * *

☞
الفصل الأول

قواعد ضربات التنس

Basic Tennis strokes

الفصل الأول

قواعد ضربات التنس *Basic Tennis Strokes*

هل هناك قواعد لضربات التنس؟ هل لاصطلاحات اللف من أعلى -Top spin، اللف الخلفى backspin، الانحراف Slice، والقطع Chop، لها معنى بدنى؟ هل يمكن وصف وتحديد قدرة اللاعب على تكرار الضربات، وخصائصه عن طريق مجموعات الإيقاع الفراغى؟ وهل يمكن وصفها بدقة؟
دى كيرماديس De Kermadec (FFT/ INSEP & Kermadee, 1985 - 1980)

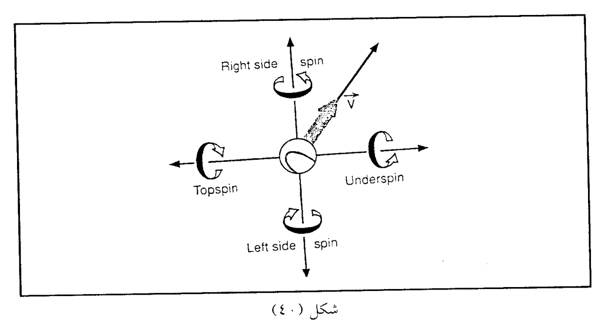
توصلوا إلى الإجابة عن بعض هذه الأسئلة باستخدام النماذج التخطيطية التشريحية فى دراسات فيلم البطولة الفرنسية المفتوحة للتنس. واستخدمت كاميرتان مقاس ١٦مم بسرعة ١٠٠ كادر فى الثانية وبزمن عرض ١/ ١٠٠٠ من الثانية، وصور لاعبى القمة فى العالم خلال مبارياتهم عن رولاندجاروز Roland Garros (١٩٨٤م - ١٩٨٧م) لتحديد نوعية مستوى الضربات لكل لاعب. كل منظر سجل وحلل وحفظ فى شكل رسم تخطيطى Stick digram من المنظرين، رسم أى منظر قمة كاذب، والغرض هنا كان محاولة تقسيم أو تصنيف الحركات وتثبيت ديناميكية المقاييس الجسمية المتعددة لأغراض التعليم والتدريب.

مسار كرة التنس بعد الضربة عدلت بواسطة ديورى Durey (عام ١٩٨٧م) الموديل أفاد فى تأسيس الحالات الضرورية لأجل التأثير الخاص للكرة. فمثلاً إنتاج دوران الكرة، عامل السرعة لشبكة مضرب التنس يجب ألا يكون عمودى على سطح كادر المضرب. الموديل جعل من الممكن حساب البيانات الكينماتيكية للكرة والشبكة بعد الاصطدام، بواسطة القيم الأساسية لتلك البيانات قبل الاصطدام. ومن أجل التأثير العملى للكرة، تتطلب سرعة واتجاه المضرب من اللاعب التنظيم والتحكم فى الشكل الكينماتيكى. كيف ينظم ويدير اللاعب هذه المجموعة لإنتاج نفس تأثير الكرة؟ لكل دوران ناتج مؤثر

يحدد عن طريق اتجاه عامل الدوران، والذى له ثلاث مركبات. حدد ديورى Durey، دى كيرماديس De Kermadec (١٩٨٤م) مستوى دوراز الكرة وعرضاه فى اتجاه المستوى العمودى بالنسبة لعامل سرعة الكرة كما فى شكل (٤٠) لإنتاج تأثير خاص للكرة، المضرب يجب أن يمتلك تحديد أفضل سرعة وأفضل اتجاه.

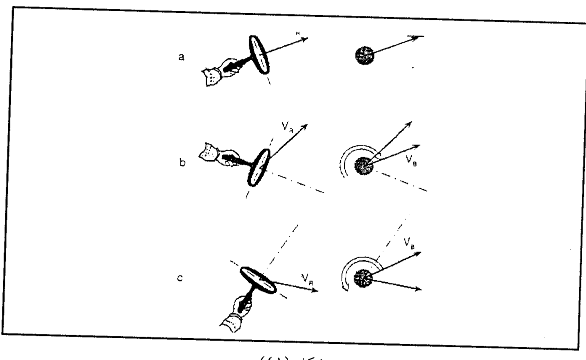
ومن أجل تأثير اللف من أسفل Underspin، كما فى الشكل (٤١ - c) المضرب يجب أن يتحرك أسفل خلال مستوى كادر المضرب بخفة فى الاتجاه لأعلى.

من أجل تأثير اللف للقمة فى الشكل (٤٠ - b) المضرب يمتلك حركة لأعلى خلال اتجاه مستوى كادر المضرب لاسفل.. ولإنتاج الكرة بدون اللف حركة المضرب سوف تكون فى اتجاه عمودى على مستوى كادر المضرب، فى الشكل (٤١ - a) عندما تكون ضربات اللاعبين مجمعة تبعاً لتلك المستويات المؤثرة كل من الثوابت والتنويعات يمكن تحديدها عن طريق نفس نوع التأثير. التصويبة المسطحة لليكونت Leconte فى الشكل (٤٢ - a) هى وحدة ويمكن تسميتها التصويبة الكرباجية whip shot



شكل (٤٠)

تعريف مستوى دوران الكرة فى اتجاه المستوى العمودى بالنسبة لمتجه سرعة الكرة زاوية متجه اللف جانباً يميناً ٥ْ: زاوية متجه اللف للقمة، ٩٠ْ زاوية اللف جانباً يساراً ١٨٠ْ.

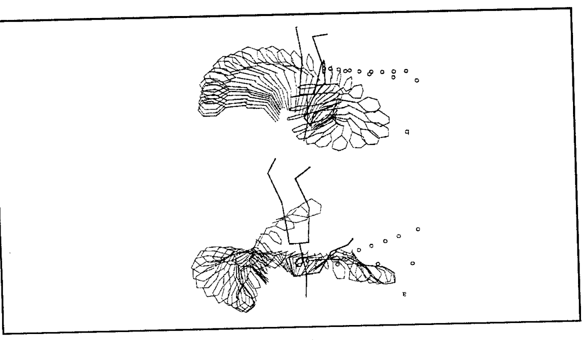


شكل (٤١)

انتاج الكرة خلال اللف (a) الكرة بلا لف، (b) قمة لف الدوران، (c) الدوران باللف لاسفل، V_R سرعة المضرب قبل الاصطدام V_B سرعة الكرة بعد الاصطدام).

تؤخذ الكرة لأعلى وتضرب أفقياً بعد انحراف المضرب. عند العكس، مكينروى Mc Enroe، شكل (٤١ - b) طور ضربته المنفردة، المتداخلة المستوى التى عادة لا تنتج دوران. عرضت جميع الرسومات الخطية فى هذه الورقة التالية المجموعة الزمنية فى جدول (a) الإرسالات الحقيقية يمكن وصفها باصطلاحات مستوى الإرسال: Left Hand Slice, R: ght - hand Slice واللف لاسفل Under Spine، اللف لأعلى Top - Spine، بدون اللف Without Spine– ليكون الإرسال الجانبى Serve Said منحرفاً يميناً Right - hand Sliced، من الضرورى لف الإرسال من الجانب الأيمن. وعامة اللف الجانبى Side Spin واللف لأعلى Top Spin (محور الدوران يكون حوالى ٤٥ْ فى المستوى فى الشكل (٤٠) عن طريق مكينروى كان الإرسال المنحرف الافضل تأثيراً. ومع ذلك عندما استخدم الإرسال المسطح Serve Flat استخدم نفس المجموعة التنظيمية ، إلا أن نهاية الضربة عدلت بتغير فى الكب والدوران الداخلى للذراع. مكينروى امتلك نفس مجموعة النظام التى طورت مضرب التنس فى المستويين المتعامدين.

إرسال Noah فى الشكل (٤٢) من (c - a) مثال جيد للإرسال المؤدى على طول المستوى الأساسى الفردى، وفى نفس الوقت كثير من لاعبى القمة فى العالم يؤدون هذا الإرسال. المناظر الثلاثة للتحليل أدت إلى أنه فى الإمكان رؤية الحركة التى لم يمكن رؤيتها من حركة الكادر. وهم أيضاً مكنونا من إجراء مقارنات لمدى الثقة ومناسبة تلك المستويات لمناظر (القمة، الجانب، الخلف) فمثلاً:



شكل (٤٢)

شكلين لضربة اليد اليمنى fore hand بدون لف الكرة: (a) هـ. ليكونت h. lecnte، منظر جانبى، و(b) ج مكينروى j. mc enroe منظر جانبى.

وضع الكرة عند لحظة الاصطدام بمقارنتها بوضع القدم أماماً. تعتمد نقطة الاصطدام على نوع الإرسال، بالإضافة إلى رمى الكرة يجب أن يكون مناسباً. وبمقارنة ذلك يقل عن Hebbelinck , Van Gheliiwe (١٩٨٥م) حيث كانت دراسته المعملية على ثلاثة لاعبين، عبر مدخلهما عن الحالات الحقيقية للمسابقة وأكثر من ذلك الجمع والتركيز على مجموعات الحركة كالنواحى التكتيكية وعلاقتها بنماذج بمسار الحركة ديورى Durey (١٩٨٧م) يمكن هذا النموذج من تحليل المسارات الحقيقية ويخلق مسارات جديدة ممهدة. يمكن للفرد بهذه التقديرات الاستفادة من أى مسار للتصويب لأكثر من واحد بدون

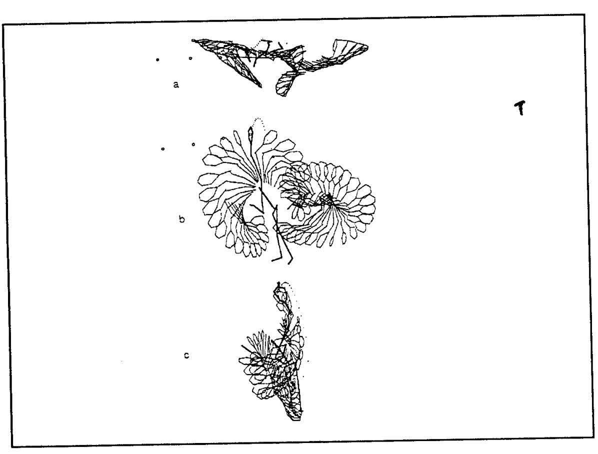
اللف. يعرض الشكل (٤١ - b - a) مثل لمقارنة الضربة الطائرة الساقطة باللف من أسفل Under Spin Drop باخرى بدون اللف.

لعبة التنس طورت بالتدريج، واستمر اللاعبون باجتهاد لأداء أفضل الضربات. واليوم التحليلات الجديدة وجدت (مثل استخدام اليدين فى مسك المضرب عن كورير Courer أجاسى Agassi سيليز Seles وسانشيز Sanchez فى نهائيات مسابقة رولاند جاروز Final Competaion at Roland Garros (١٩٩١م) هذه التحليلات ليست فقط نتيجة اختيار التكتيك والاعتبارات البيوميكانيكية بل أيضاً هى نتيجة للاعتماد الكبير على تغيرات اللعبة نفسها. استخدم التحليل ذو الأبعاد الثلاثة فى هذه الدراسة لتحديد الصدمات Shocks ونماذج مسار الكرة ball trajectory models ووصف ومقارنة الصدمات لأفضل لاعبى القمة فى العالم.

جدول (٥)
الفترات الزمنية بين تسلسل أوضاع المضرب

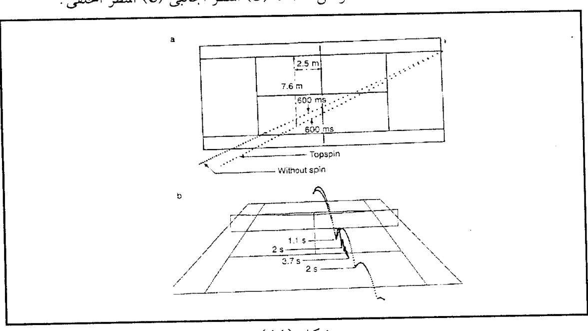
الصور		فرق الزمن (ث)
٠ إلى ٥	مطابق لجميع كادرات الفيلم	١٠
٥ إلى ١٠	مطابق لكل ثانى كادر	٢٠
١٠ إلى ١٥	مطابق لكل ثالث كادر	٣٠
١٥ إلى ٢٠	مطابق لكل رابع كادر	٤٠
٠ إلى - ٥	مطابق لجميع كادرات الفيلم قبل الاصطدام	١٠
- ٥ إلى - ١٠	مطابق لكل ثانى كادر	٢٠
- ١٠ إلى - ١٥	مطابق لكل ثالث كادر	٣٠
- ١٥ إلى - ٢٠	مطابق لكل رابع كادر	٤٠
- ٢٠ إلى - ٢٥	مطابق لكل خامس كادر	٥٠

ملحوظة: الوضع وضح عن طريق الصور التخطيطية المناسبة من أول كادر بعد الاصطدام (الوضع الارشادى)



شكل (٤٣)

إرسال Y Noah : (a) المنظر من القمة، (b) المنظر الجانبى (c) المنظر الخلفى.



شكل (٤٤)

فرصة الكرة الملفوفة: (a) مسار التمريرة الساحقة باللف لأعلى يمكن أن تكون منخفضة وأكثر قوة عن مسار التمريرة الساحقة بدون اللف. (b) الضربة الساحقة الساقطة باللف من أسفل أقصر ارتداداً من الضربة الساحقة الساقطة drop shot بدون اللف.

الفصل الثانى

التزحلق على الماء

Waters Skiing

الفصل الثانى

التزحلق على الماء *Waters Skiing*

المثل الثانى هو التزحلق على الماء، وهنا اختلاف مراحل الوثب (قطع الموجة cut، ورفع منصة القفز ramp والطيران Flight) طورت لايجاد حالات نموذجية للوثب. نموذج كل مرحلة تأسس على ديناميكية الهواء aero dynamics، وديناميكية السوائل hydro dynamics، وميكانيكية الاصطدام. والهدف هو تطوير كل نموذج، لحساب الفعل المتداخل للمراحل المختلفة فى الوثب، وأكثر من ذلك تنقية نموذج كل مرحلة.

وثبات سيد مسابقة الانزلاق Skimaster Competation المقامة عام ١٩٩٠ فى Marseille - Marigane صورت باستخدام ست كاميرات فيديو.

وضعت كل كاميرا بطريقة لتغطية المراحل الثلاث للوثب. أخذ الفيلم من كاميرتين متحركتين على حاملين صنع ليمكن من حساب المناظر القمية لكل لاعب إنزلاق على الماء خلال مسار القطع. وضع لاعب الانزلاق فى المستوى الأفقى مكن من وصف وتمييز القطع خلال الزمن T_2, T_1 بين (١ث) (١,٤ث) والمسافة D_1 بين (١٩م)، (٢٥م) والزمن T_2 بين (٣ث)، (٤ث) والمسافة D_2 بين ٣٢م، ٤٥م.

والكاميرتين الأخرتين تعطينا الأبعاد الثلاثة للصورة للمنزلق على منصة القفز. سرعة مركز كتلة المنزلق عند آخذ الارتقاء انحصرت ما بين ٨٨كم/ س، ١١٧كم/ س. والعجيب أن أعلى سرعة لم تعضد بأعلى الوثبات. عند آخذ الارتقاء، زوايا متجه سرعة مركز ثقل كتلة لاعب الانزلاق بالنسبة للمدى الافقى من (٩°) إلى (١٧,٥°) كما فى شكل (٤٥)، الزوايا الأكبر ليست لها علاقة بأفضل الأداءات. ولكن إذا قلت الزاوية عن ١١° قصر الوثب.

تشكل الزحافة بالنسبة لمتجه سرعة مركز ثقل لاعب الانزلاق خلال الطيران زاوية تنحصر ما بين ١٠ْ - ٧٠ْ. وأيضاً تتباين الزاوية بدرجة كبيرة بين الوثبات، وهى تظل ثابتة خلال معظم مرحلة الطيران.

تتابين الزاوية خلال الأمتار الأولى القليلة بعد الارتقاء ولكن تثبت فيما بعد. الزاوية ٦٠ْ أو الأكبر انتجت أداء ردئ.

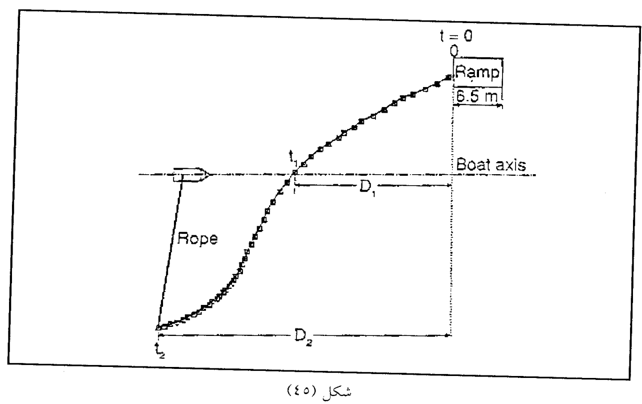
فى نموذج الطيران، قوة ديناميكية الهواء على الزلاقتين تكون نفس تلك المطبقة على جناح الطائرة: بالتسليم بأن الزاوية بين الزلاقة ومتجه سرعة مركز ثقل كتلة لاعب الانزلاق ثابتة خلال الطيران، النموذج صالح لإثبات مسافة الطيران. أهملت قوى ديناميكية الهواء المبذولة على جسم لاعب التزحلق على الماء.

باستخدام هذا النموذج، للحالات الأخرى فى الطيران المصطنع. وجد أن أنسب زاوية للزلاقة بالنسبة للسرعة هى ٣٠ْ بصرف النظر عن مقدار السرعة. تقدر مسافة الطيران بمقدار ٥٤ متر إذا كانت الزاوية ٣٠ْ، وبمقدار ٤٧ متر إذا كانت الضعف (٦٠ْ). ومع ذلك أفضل الأداء يحدث عن طريق زيادة كل من السرعة وهذه الزاوية.

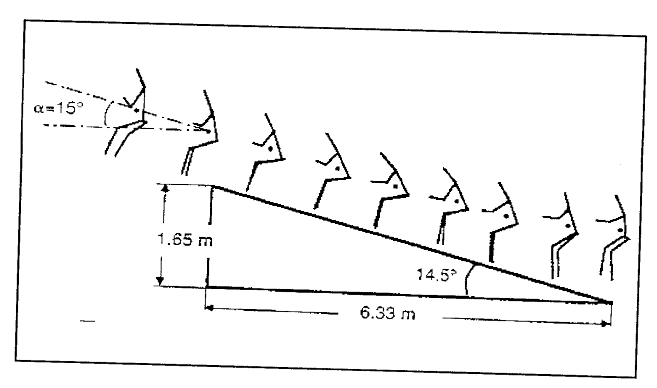
وضع الكاميرات جهز لمطابقة المعلومات من مرحلة القطع ومن مرحلة دفع منصة القفز. تحليل مرحلة الطيران فى الأبعاد الثلاثة كان معقداً عن طريق معايرة الإجراءات بالنسبة إلى طبيعة كبر المساحة الأخرى فى المعادلة.

بمعنى ٦٠متر طول، ٢٠ متر عرض و٦ متر إرتفاع وعلاقتها بمستوى الماء. النماذج صادقة بواسطة البيانات الحقيقية التى جمعت خلال البطولات الدولية واستخدمت لتقدير أنسب قيم لأفضل الأداءات.

* * *



شكل (٤٥)
منظر من القمة لقطع مسار لاعب التزحلق على الماء



شكل (٤٦)
زاوية متجة سرعته مركز ثقل الكتلة بالنسبة للمستوى الافقى

الفصل الثالث

نموذج القفز بالزانة

Pole Voult Model

الفصل الثالث

نموذج القفز بالزانه *Pole Voult Model*

استخدمت النماذج النظرية فى هذا الكتاب لهوبارد Hubbard (١٩٨٠م) وجرينر Griner. هذه النماذج، اشتملت على تحسينات آلين Alain (١٩٨٧م) التى أثبتت صدق النتائج التى تم الحصول عليها من تحليل الأبعاد الثلاثة للوثبات الحقيقية.

تجسدت الصعوبة القصوى فى مقدار المسافة المكتسبة فى الفضاء لإتمام القفز، حيث يوجد هناك عملية جرى مركبة بالقفز لأعلى. لذلك استخدمت مجموعتين من الكاميرات الأولى استخدمت لتتبع الأبعاد الثلاثة لمسار لاعب القفز بالزانة عامة. والمجموعة الثانية للتركيز على حركة اللاعب.

مدرب فريق القفز بالزانه يجب أن يقرر مبكراً الاتجاهات الرئيسية التى يجب انجازها خلال عدة شهور والنتائج التى يمكن تقدير قيمتها فيما بعد. ولا يتسبب فى حدوث أى أخطاء. ولأن مدرب الفريق القومى الفرنسى للقفز بالزانه يؤمن بقيمة الميكانيكا الحيوية فى الرياضة لتطوير نموذج القفز بالزانه الذى يمكنه من تصنيع القفزات بالكمبيوتر، ثم سؤال هذا المدرب عن تطوير النموذج حتى يمكنه من تحديد أفضل أداء فردى يمكنه إنجازه ويبنى على الخصائص الميرفولوچية للقافزين، وذراع الرافعة للزانه، وسرعة الجرى، وآخذ الارتقاء. التصنيع يمكنه الإشارة إلى إمكانية التحسين فى اختيار مواد الزانه، والحالات النموذجية لأخذ الإرتقاء، وكيفية أداء اللاعب أفضل قفزة.

(مصداقية النموذج أدت إلى تحليل الأبعاد الثلاثة لأفلام القفزات خلال معسكر الفريق القومى الفرنسى.)

فى نموذج القفز بالزانه، رد فعل قوى المفصل، والعزوم، مثل رد فعل قوى الأرض، تحتاج لوضعها فى الاعتبار. بالإضافة إلى حتمية اشتماله على خصائص مرونة الزانه. لذلك، نموذج هوبارد Hubbard (١٩٨٠م) للاعب القفز بالزانه تحسن بواسطة حصر العوامل عند كل مفصل وعندئذٍ ركبت

بنموذج الزانه لجرينر Griner (١٩٨٤م) وبصفه أولية مثلث الزانه كاعضاء لمتغيرات الطول ولكن بدون أى كتلة هذا التقريب كان ملائماً لان عزم "تصور الذاتى للزانه صغير جداً بمقارنته بعزم القصور الذاتى للاعب القفز بالزانه. ويعنى هذا ضمنياً أن الجزء الأكبر من طاقة الحركة Kinetic enargy يمكن تخصيصها للاعب القفز بالزانه.

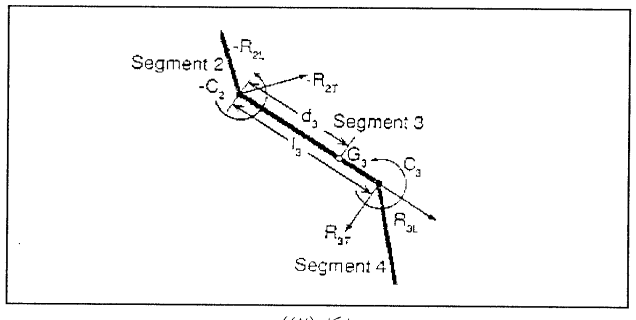
الأعضاء الثلاثة لجسم لاعب القفز بالزانه هى الذراعين arms، تركيبة الرأس والجذع head- tarse والرجلين Legs. رتبت الذراعين إلى جزئين اعتبرا أنهما غير ضروريتين، لأن طاقة حركة الذراع صغيرة.

النموذج الصغير للرجلين كان أكثر مناسبة، لأن سرعة كل الأجزاء يمكن أن تكون عاليه فى بعض الأجزاء فى القفز. مع ذلك. أكبر عدد من البيانات مشترك فى النموذج البسيط وكان التحكم الكامل فيها صعب جداً.

خلال التحليل بهذا النموذج المختزل أول خطوة تؤخذ قبل أى تهذيب هى التجربة.

كل جزء تميز بالاتجاه، H_i والأطوال، Li تكون الأطوال ثابتة للثلاث أعضاء لجسم لاعب القفز بالزانة. مركز الكتلة Gi، لكل عضو بالجسم يكون له مسافة Di، من الجزء البعيد للعضو. تميزت الأعضاء الثلاثة لجسم لاعب القفز بالزانه. بثلاث كتل، Mi، وبعزم القصور الذاتى للثلاثة أعضاء، Ji، للمحور المار خلال Gi والعمودى على مستوى الحركة.

الفعل المتداخل بين الأعضاء تضمن عمل قوى كتل الاعضاء والتحكم الارادى لعزم الدوران المبذول عن طريق لاعب القفز بالزانه عند كل مفصل. أى قوة طولية، Ri، أى عزم، Ci، طبق على العضو الأول، الزانه، عن طريق العضو الثانى، الذراعين. أى قوة R_2، طبق على العضو الثانى عن طريق الجزء الثالث. أى قوة R_3، وأى عزم، C_3، طبق على العضو الثالث عن طريق الجزء الرابع. وتكون كل قوة مجموعة من RiL (الطولية)، R_it (الانتقالية)، بالنسبة للعضو i، (الأول) (انظر شكل (٤٧).



شكل (٤٧)

الفعل المتداخل للعضو٣، والرأس والجذع: $-R_2l$,$-R_2t$,$-C_3$ قوى وعزم الكتفين: C_3. R_3t- R_3L قوى وعزم مفصلى الفخذين: C_3 مركز ثقل كتلة الجزء: L_3 طول الجزء: d_3 – مسافة من مركز كتلة العضو ومركز المفصل.

التطبيق الديناميكى للعلاقات بين الأعضاء الثلاثة للاعب القفز بالزانه أدت إلى تسع علاقات مختلفة كما فى الجدول (٦) الثبات الرقمى لتلك العلاقات أدى بالحاسب الآلى مستخدماً اللوغارتم الكلاسيكى لرونج كوتا Runge - Kutta، الأمر الرابع. التسع متغيرات المجهولة حسبت من التسع معادلات الخطية الموضحة فى الجدول (٦) تبعاً لمصفوفة الارتباط. MH : K. المركبة RiL استخرجت من النموذج الصغير للزانه كداله لى Li، Ci عند كل خطوة.

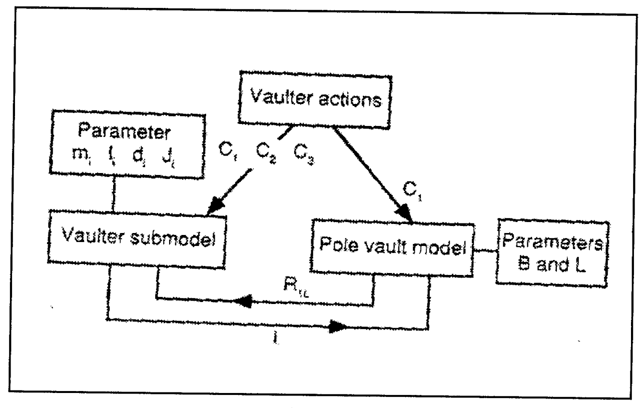
قبل التحليل بالحاسب الآلى، يحتاج النموذج إلى مصداقيته عن طريق إدخال بيانات عملية وعندئذ القيم المنتجة تقارن بمقياس آخر. واستخدمت ثلاث كاميرات ذات سرعات عالية لتصوير ٣٠ فقرة بالزانه فى تزامن واحد.

ادخلت متطلبات الرقمين للبيانات لإعطاء الحالات الأولى (انظر شكل(٤٨). أطوال أعضاء لاعب القفز بالزانه قيست من الفيلم، الكتلة، ومركز ثقل كتلة الوضع، وعزم القصور الذاتى حسب تبعاً لوينتير Winter

(١٩٧٩م) طول الزانه، Li، تم قياسه قبل كل فقرة: صلابة الزانة، B ، قيست عن طريق مصنع الإنتاج. الحالات الأولى عند الارتقاء تم قياسها من الكاميرا الأولى المركزة على لاعب القفز بالزانه. وقيست الزاوية ومقدار السرعة والأوضاع والسرعة الزاوية للأعضاء، بينما العضو الرابع، والرجلين حددت عن طريق وضع مركز ثقل كتله الرجلين بعد تحليل الفيلم، وبإعادة بناء الأبعاد الثلاثة أصبح من الممكن تقويم ومقارنة القفز، فمثلاً لاعب القفز بالزانه عن طريق الانتقال من البيانات العملية (فيلم الكاميرا) إلى البيانات التى ستقارن بالموديل البيوميكانيكى خصائص الأوضاع الخمسة للارتقاء (t=o) الرجلين والجذع فى خط واحد (t = 0.25 S.)، الركبتين عند مستوى اليد (t= o:70S)، الجسم امتد عمودياً (t = 0.95 S.)، الجسم تخلص من العارضة (t=1.355)

يعرض كل من الشكل (٤٩ - a) البيانات الخام من تحليل فيلم ١٠٠ كادر فى الثانية (من الكاميرا الجانبية) والشكل (٤٩- b) المنظر المحسوب من المنظر الجانبى للكاميرا فى نفس الأوضاع. هذا الحساب وضع الحركة فى مستوى عمودى (بدون منظور) يعرض الشكل (٤٩- c) اختزال القيم فى الثلاثة أعضاء: العضو الأول، أعلى يد- منتصف الكتفين: العضو الثانى، منتصف الكتفين- منتصف مفصلى الفخذين: والعضو الثالث منتصف مفصلى الفخذين ومركز ثقل كتلة الرجلين. وضبط النموذج يشتمل على تهذيب قيم البيانات، والتحكم فى حركة لاعب القفز بالزانه، وجعل تصنيع القفزه مطابق للقفز الحقيقية، اتجاه بذل العزوم.

وتنظيم توقيتها خلال القفز حدد أولاً. استخدمت البيانات من Hubbard (١٩٨٠م)، وضبط القيم لتهذيب القفزة الحقيقية مع التصنيع نفسه. كل عزم C3, C2, C1 - كون كذلك من توالى الزمن المبنى على أسس الدالات، إضعاف معامل اللزوجة ضبط عند نفس الوقت. محك المقارنة مبنى على تراكب كلا الرسومات التخطيطية المأخوذة من التصنيع والحقيقة شكل (٥٠).



شكل (٤٨)

الفعل الداخلى لنماذج عمليات التحليلات الرقمية

اعتمدت دقة التصنيع على حدود النموذج المصغر للزانه، التى سلمت بعدم فقد الطاقة وهذا يؤدى إلى القفزات الأعلى من مثيلتها الحقيقية. شخصت قيم الأعضاء الثلاثة (Dt=100 ms) مع مرونة الزانه.

حددت القفزة عن طريق اختيار العزوم المطبقة عند المفاصل لذا، القفزه المصنعة تكون أعلى من القفزة الحقيقية بمتر. من خلال المنهجية العلمية لنقطة الرؤية. سوف يكون ضرورى العمل فى تصنيع البيانات من التحليل الديناميكى العكسى (Mc Ginnis, 1983) لنفس البيانات الأساسية. إذن يمكننا أخذ نموذج لعشرة أعضاء من أجل لاعب القفز بالزانه مثل ما استخدمه كل من دابينا Dapena وبراف Braff (١٩٨٥م).

ويكون من الملائم مقارنة قيم قوى رد الفعل والعزوم المطبقة عن طريق نظام الزانة ولاعب القفز بالزانه بصندوق القفز بالقيم المقاسة فى صندوق القفز (Vaslin, Couetard & Cid, 1993).

عندما تزيد صلابة الزانه، مسار مركز ثقل الكتلة ينقل نحو ممر الجرى، بعد ثبات ارتفاع القفزه وعدم تغيرها. فمثلاً الزانه التى صلابتها ١,٩٥٠ن م قمة مرونة مسار انتقالها ٢٣ متر أفقياً نحو ممر الجرى بالمقارنة بقمة مرونة صلابة الزانه المساوى ١,٩٠٠ن م. الارتفاع الأقصى لمركز ثقل الكتلة يكون الأعلى بزيادة السرعة. فمثلاً، السرعة التى مقدارها ٧,٥م/ث (Vc= 7.5m/s) تعطى أقصى ارتفاع مقداره ٥,٥ متر، بينما السرعة التى مقدارها ٨م/ث Vc= 8m/s) أقصى ارتفاع للمرونة ٥,٨ متر. إذا قلت الزاوية بين وتر الزانه والمستوى الأفقى، يزيد الارتفاع الأقصى للمسار وينتقل نحو ممر الجرى. فمثلاً مع طول L = ٥متر، سرعة مركز النقل Vc = ٨,٨ م/ث وزاوية الوتر ٢٨,٦° قمة منحنى القطع المكافئ (مسار المقذوف) لمركز ثقل لاعب القفز بالزانه تمتلك مركبة مقدارها ٦,٧١م، ومركبة أفقية مقدار ٠,٤٤م، بينما زاوية ٢٧,٧° تعطى منحنى قطع متكافئ لمركز ثقل كتلة جسم لاعب القفز بالزانه مقدارها ٦,٧٧ متر عمودياً، ٠,١٨ متر افقياً.

يجب أن يكون الجذع عمودياً بقدر المستطاع عندما يدور لاعب القفز بالزانه ١٨٠° لمواجهة تخطى العارضة، الارتفاع الأقصى يمكن زيادته بحوالى ١٠سنتيمتر إذا وضع لاعب القفز بالزانه المقعدة عمودية أعلى الرأس. هذه المتطلبات هامة للتحكم فى عزم الكتف. عند زيادة التواء الزانه، تنتقل القفزة لضربة القفز ويجب على لاعب القفز بالزانه بذل أكبر جهد فى الكتفين للحصول على أنسب قفزة. إذا أقل ذراع هذه الرافعة، لاعب القفز بالزانة ينخفض وينتقل فى اتجاه ممر الجرى. فمثلاً، إذا أقل ذراع الرافعة من ٤,٧٢ متر إلى ٤,٦٧ متر، وصل الارتفاع فقط إلى مقدار ٥,٩٠ متر وأقل من ٦,١٠ متر، نتيجة الانتقال ١٠سم وأقل من ٢٣سم. النتائج المصنعة أوضحت أن جميع اللاعبين يمكنهم تحسين أدائهم بواسطة القيم الأقصى للبيانات الأولية أو عن طريق تعديل توقيت مجموعات حركاتهم.

Table (6)
Elements of Matrix (M) and Vector (H)

$\ddot{\Theta}_1$	$\ddot{\Theta}_2$	$\ddot{\Theta}_3$	$\ddot{\Theta}_4$	$\ddot{I}_1$	R_{2T}	R_{2L}	R_{3T}	R_{3L}
	J_2				J_2			
		J_3			$d_2 \cos(\Theta_3 - \Theta_2)$	$d_3 \sin(\Theta_3 - \Theta_2)$	$l_3 - d_3$	
			J_4				$d_4 \cos(\Theta_4 - \Theta_3)$	$d_4 \sin(\Theta_4 - \Theta_3)$
Malrix M - $m_2 t_1 \sin \Theta_1$	$- m_2 d_2 \sin \Theta_2$			$m_2 \cos \Theta_1$	$- \sin \Theta_2$	$\cos \Theta_2$		
$m_2 l_1 \cos \Theta_1$	$m_2 d_2 \cos \Theta_2$			$m_2 \sin \Theta_1$	$\cos \Theta_2$	$\sin \Theta_2$		
$- m_3 t_1 \sin \Theta_1$	$m_3 l_1 \sin \Theta_2$	$- m_3 d_3 \sin \Theta_3$		$m_3 \cos \Theta_1$	$\sin \Theta_2$	$- \cos \Theta_2$	$- \sin \Theta_3$	$\cos \Theta_3$
$m_3 l_1 \cos \Theta_1$	$m_3 l_2 \cos \Theta_2$	$m_3 d_3 \cos \Theta_3$		$m_3 \sin \Theta_2$	$- \cos \Theta_1$	$- \sin \Theta_2$	$\cos \Theta_3$	$\sin \Theta_3$
$- m_4 t_1 \sin \Theta_1$	$m_4 d_2 \sin \Theta_2$	$m_4 l_3 \sin \Theta_3$	$- m_4 d_4 \sin \Theta_4$	$m_4 \cos \Theta_1$			$\sin \Theta_3$	$- \cos \Theta_3$
$m_4 l_1 \cos \Theta_1$	$m_4 l_2 \cos \Theta_2$	$m_4 l_3 \cos \Theta_3$	$m_4 d_4 \sin \Theta_4$	$m_4 \sin \Theta_1$			$- \cos \Theta_3$	$- \sin \Theta_3$

$d_2 R_1 L \sin (\Theta_2 - \Theta_1) - d_2 R_1 T \cos (\Theta_2 - \Theta_1) + C_1 - C_2 - (-a_1 \Theta_2)$

$C_2 - C_3 - a_2 \Theta_3$

$C_3 - a_3 \Theta_4$

$R_1 L \cos \Theta_1 - Rit \sin \Theta_1 + m_2 l_2 \cos \Theta_1 \Theta_1^{2} + m_2 d_2 \cos \Theta_2 \Theta_2^{2} + 2 m_2 \sin \Theta_1 \Theta_1 i_1 + m_2 g$

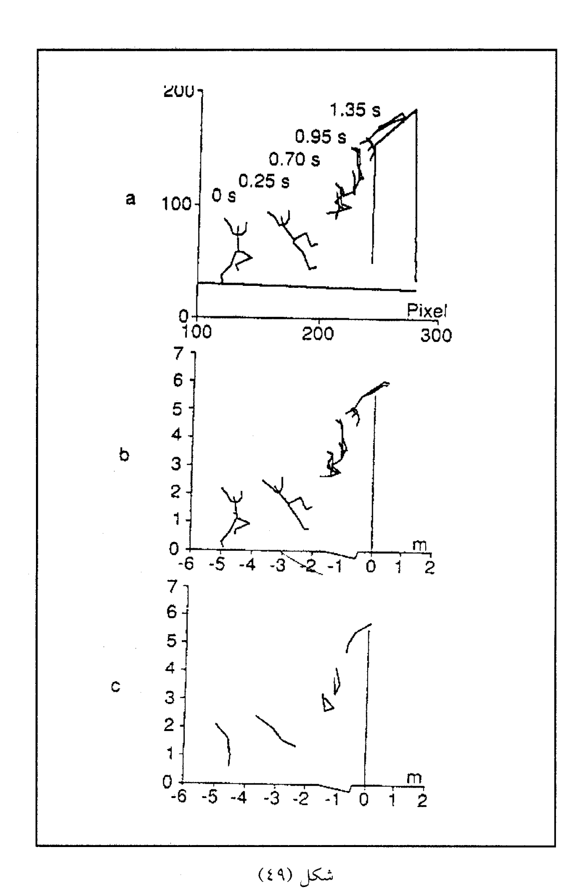
$R_1 l \sin \Theta_1 + R_1 t \cos \Theta 1 + m_1^2 \sin \Theta_1 \Theta_1^2 + m_2 d_2 \sin \Theta_2 \Theta_2^2 - 2 m_2 \cos \Theta_1 \Theta_1 i_1$

Vector H $m_3 \sum_{i=1}^{2} l_i \cos \Theta_i \Theta_i^2 + m_3 d_3 \cos \Theta_3 \Theta_3^2 + 2 m_3 \sin \Theta_i \Theta_i i_i + m_3 g$

$m_3 \sum_{i=1}^{2} l_i \sin \Theta_i \Theta_i^2 + m_3 d_3 \sin \Theta_3 \Theta_3^2 - 2 m_3 \cos \Theta_i \Theta l_i$

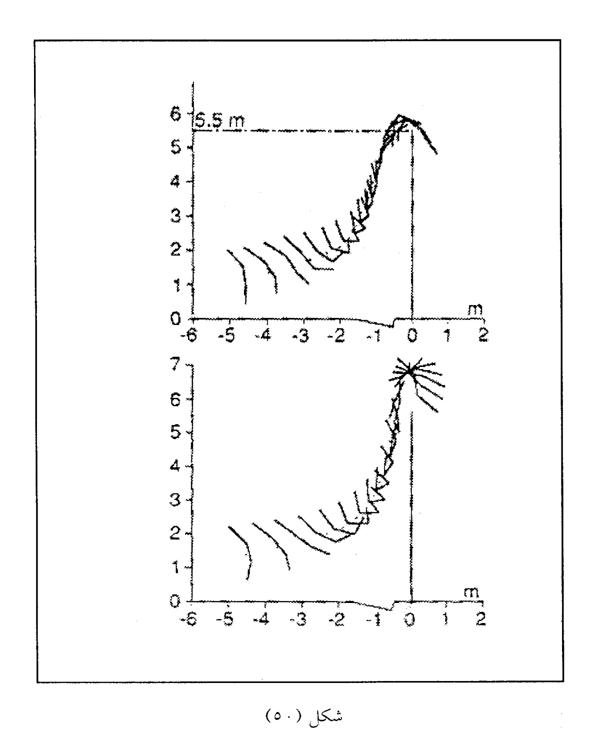
$m_4 \sum_{i=1}^{3} l_i \cos \Theta_i \Theta_i^2 + m_3 d_4 \cos \Theta_4 \Theta_4^2 + 2 m_4 \sin \Theta_i \Theta_i + m_4 g$

$m_4 \sum_{i=1}^{3} l_i \sin \Theta_i \Theta^2 1 + m_4 d_4 \sin \Theta_4 \Theta_4^2 - 2 m_4 \cos \Theta_i \Theta_i l_i$



شكل (٤٩)

(c - a) ثلاث مناظر للقفز بالزانه ٥,٥٠ متر عن ت. فيجنيرون T. Vigneron



شكل (٥٠)

(b - a) أنسب ارتفاع للقفز بالزانه ٥,٥ م للاعب ت. فيجنيرون T. Vigneron

☞

الفصل الرابع

تسجيل الزمان الفراغى فى تنس الطاولة

Spatiotemporal Registration in Table Tennis

الفصل الرابع

تسجيل الزمان الفراغى فى تنس الطاولة

Spatiotemporal Registration in Table Tennis

استخدم تحليل الأبعاد الثلاثة فى تنس الطاولة لربط مختلف مراحل مجموعة حركة اللاعب بوضع الكرة على طول مسارها. نظام اختزال بيانات الابعاد الثلاثة يجب أن ينظر فى اكتمال المساعدة الميكانيكية خلال الضربات الخاصة، وبخاصة تلك التى تؤثر على الكرة عن دورى، أورفيوللى Durey & Orfeully ١٩٨٩م)، مثل المعلومات البصرية عن ريولل عن ريبول Ripol (١٩٨٩م)، رامانانتساوا، ريولل، دورى Ramanantsoa, Ripol & Durey (١٩٩١م). أهم الفروض وجود دوران ثابت بين حركة اللاعب ووضع الكرة، من خلال الزمان المكانى لشكل العمل، ربما يكون وضع اللاعب لاقلال العدد الممكن من الضربات التى يمكنه الاختيار منها. حقيقة بعض الضربات تأخذ أقل زمن من الأخرى، وتستخدم تلك الضربات فى حالات تتطلب الاستجابة السريعة. فى هذه الحالة، يجب على اللاعب اتباع رتم (إيقاع) يفرض عن طريق حدود الخصم استجابة معينة. يستمر اللعب على أساس هذه العلاقة بدون إضطراب.

عندما يربح أحد اللاعبين، يتميز بقصر بعضى مراحل الوصول للنقطة بينما أحد اللاعبين لا يمكن من إطاله الاستجابة، وتفقد النقطة.

صور فريق فرنسا لتنس الطاولة خلال مسابقاته فى الداخل، بواسطة كامرتين تصوير مقاس ١٦مم، وذات سرعة عالية عند ١٠٠هـ.ت، وتمتلك زمن إظهار ٠,٠٠١ من الثانية . ووضعت كاميرة فيديو أعلى مسار كرة تنس الطاولة. (عرضت نتائج مباريات التى لعبها ج.ب. جاتين J.P. Gatien)

قمة مسار مضرب تنس الطاولة Padale Table Tennis أمكن استخدامه فى توصيف مراحل الحركة المختلفة التى ثبتت بالنسبة لمسار الكرة (شكل ٥٠).

عرضت الأبعاد الثلاثة لحركة اللاعب فى أربعة مراحل فى شكل (٥١، a-٢).

المرحلة الأولى:

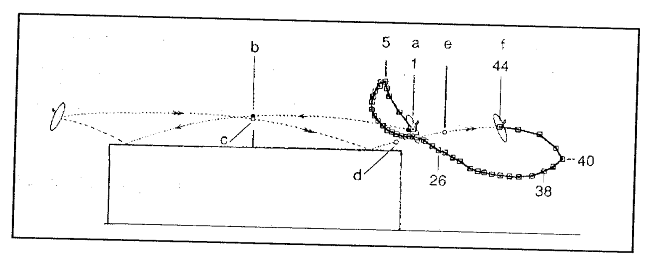
من الصور ١ - ٥، مطابقة لإزاحة الكرة من ضربة اللاعب حتى الشبكة شكل (٥١ - b - a) بعد الضربة، يستمر المضرب بالتحرك لأعلى للنقطة التى عندها عادة تقف عند الصورة (٥).

المرحلة الثانية:

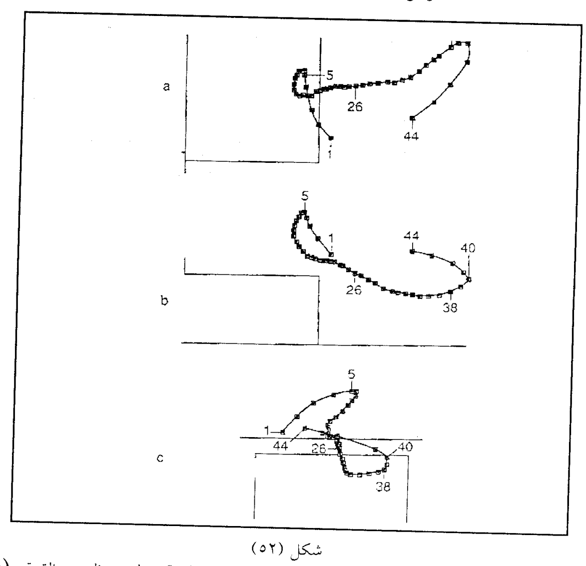
من الصورة ٥ إلى الصورة ٢٦، تتحرك الكرة من الشبكة، للأمام من b إلى خلف الشبكة عند c (شكل ٥١) وهنا تكون حركة المضرب لأسفل على طول المحور العمودى للمنضدة شكل (٥١ - ٢) وهو يكون خلفاً - وبعيداً ويشمل تقدم حركة الجسم كله.

وعند نهاية هذه المرحلة تثبت الحركة من تلقاء نفسها، والمضرب يستقر فى المستوى الموازى للمنضدة عادة كما فى شكل (٥٢ - b).

فى المرحلة الثالثة من الصورة ٢٦ إلى الصورة ٣٨، تحركت الكرة من خلف الشبكة عند (٢) إلى النقطة (b) بعد الوثب شكل (٥٢) وضع هذه النقطة دال على دوام المرحلة الرابعة. الحركة للخلف والابتعاد يتبعها مرجحة خلفية وهى تنقسم إلى حركة المضرب للنهاية، ونقطة الضربة الخلفية الجانبية Lateral Back hand أو الضربة الأمامية الخلفية Backward Forhand، بينما الكرة ترتد إلى النقطة بعد الشبكة بعد أول ارتداد. هذه النقطة تعتمد على المرحلة التالية والأخيرة.



شكل (٥١)
تزامن العلاقة بين مراحل الحركة ومسار الكرة



شكل (٥٢)
مسار رأس المضرب بين ضربتين أماميتين لاداء ج.ب. جاتين j.p. Gatien (a منظر من القمة، (b) منظر جانبي، (C) منظر خلفي. اتساع زمن مرحلة الدفع للأمام ثابت (٨٠مم).

بالنسبة للضربة الخلفية Back Hand، تغير اتجاه الجانب الأعلى للمضرب لوضعه عند بداية هذه المرحلة شكل (٥٠ - b) هذا التغير فى الاتجاه لوحظ أيضاً خلال الضرب الامامية For Hand وهى أيضاً أقل وضوحاً (شكل (٥٠ - a).

المرحلة الرابعة والأخيرة:

من الصورة (٣٨ - ٤٤) تتحرك الكرة من النقطة (d) بعد الوثب إلى الضربة الجديدة (f) شكل (٥١). المرجحة لاسفل يمكن تقسيمها إلى جزئتين. الجزء الابتدائى، تحرك المضرب للإعداد للضرب التالية عن طريق الحركة الجانبية التى تقل عن (٨٠مم) بصرف النظر عن نوع الضربة، المسافة، أو التكنيك.

عندما يحتاج اللاعب لرد الفعل بسرعة، يحتاج أيضاً لمرحلة تمهيدية لهذه المرحلة حيث يكون معتدل أو مناسبه (من الصورة (٣٨ - ٤٨). هذه الملاحظات ثابتة ومناسبة لكل الضربات الأمامية والخلفية بصرف النظر عن الخصوم.

* * *

الفصل الخامس

حدود انتشار تحليل الأبعاد الثلاثة مستقبلا

المراجع

الرموز والمصطلحات

الفصل الخامس

حدود انتشار تحليل الأبعاد الثلاثة مستقبلاً

Curent Limitations of Future Hopes For 3- D Analysis of Sport Activties

تشخيص الزمان المكانى للحركة أو الرسم التخطيى والاعتبارات الكينماتيكية لوصفها، انتشرت منذ تطوير التصوير المساحى والرسم الديناميكى عن طريق مارى Marey وديمنى Demeny (١٨٨٥م).

ونحن نميز بين أساسين لاستخدام تكنيك وطرق تحليل الأبعاد الثلاثة لحركة جسم الإنسان فى المجال الرياضى وأداء أبطال القمة. المدخل التخطيطى للدراسة الوصفية ومدخل النموذج للتنبؤ بالأداء خلال تصنيع الحاسب الآلى.

الخطوة الأساسية لتشخيص الأبعاد الثلاثة للحركة الرياضية ضرورية، لفهم نتائجها الموضوعية، المعلومة الكمية. فمثلاً، شرح باسهاب Dapena (١٩٨٨م) طريقة الوثب بالظهر Fasbery Flop فى الوثب العالى، ودرس Van Cheliiwe & Hebbelinck (١٩٨٥م) الإرسال فى التنس. وصنعت النماذج واستخدم الكمبيوتر لإيجاد البيانات بدون تغيير لتقسيم الحركات المركبة (المعقدة) إلى ضربات أساسية. وضعت فى الاعتبار بصفة رئيسية المتغيرات الكينماتيكية و الأوضاع، الدورانات، الخ) فمثلاً Van Cheliiwe, Deporte و Hebbelinck (١٩٩٠م) درسو تقويم توقيت الزوايا التى تميز حركة الكب Pro-nation، حركة الدوران للداخل endorotation خلال إرسال التنس. الخطوة الثانية هى توليد الفروض أو نظريات حركة جسم الإنسان من بيانات الأبعاد الثلاثة.

كما أن كل محاولة صنعت لمناسبة الزمان المكانى لتـنس الطـاول، بينـما متابعة علاقة الفروض بإزاحة قمة المضرب بمسار الكرة أخذت من الدراسات المختلفة المبنية على علم الأعصاب الرياضـى Sport Neuro Sci-ence.

فى التزحلق عدم تغير البيانات ارتبط بالأنشطة الرياضية والأداءات، مختلف المبدعين سجلوا مشاكل كثيرة عامة ارتبطت بصدق النتائج ,Norman Grainger، Winter و Bobet (١٩٨٣م) بحثوا فى القدرة على إنتاج أوتوليد مقياس لحساب المتغيرات البيوميكانيكية من بيانات فيلم لأربعة أشخاص أخذت فى يومين مختلفين. أخذ المدخل الإحصائى، Takei (١٩٨٩م) عرض تصميم نموذج للقفز على الحصان، وكان هدفه تحديد أى المتغيرات الميكانيكية أفضل ارتباطاً بدرجا الحكام. ومن خلال ذلك أسست خطة التحليل، والفرد يمكنه تصوير نفس مدخل الأبعاد الثلاثة لأجل الأداءات المتعددة فى الجمباز. نتائج النماذج التالية استخدمت التحليل التجريبى للعناصر البدنية. النماذج التنبؤية بحثت بكثرة لتمسح بصنع إقرار الحركات والتى عادة تقود إلى أنسب الأداءات . لعمل ذلك، جسم الانسان يجب أن يكون مناسباً كنظام ميكانيكى يشتمل على حلقات منفصلة ثابتة. عدد الحلقات يمكن أن تكون مرتفعة نسبياً. حدود النموذج ليس بعدد الحلقات فقط وإنما بعدد البيانات الصحيحة التى تحتاجها لتحديد الحركة.

طور Dapena (١٩٨٩م) نموذج جزئى من ١٥ حلقة للوثب العالى الأنسب: عدل البيانات المعينة خلال مرحلة الطيران فى الوثب للاداء الأنسب.

Yeadon (١٩٩٠أ، ١٩٩٠ب، ١٩٩٠ج) والمساعدين & Yeadon , Alta Hales (١٩٩٠) استخدموا نموذج من ١١ جزء ثابت بسبعة عشر درجات حرية لوصف جسم الإنسان فى الفضاء. باهمال مقاومة الهواء، دوران جسم الإنسان فى الفضاء وصف عن طريق بقاء كمية الحركة الزاوية. وقدرت دقة النموذج عن طريق مقارنة الانحدار الكاذب للدورة الهوائية وزوايا اللف بمطابقة القيم التى تم الحصول عليها من بيانات فلم تسع دورات هوائية مع اللف. كانت أخطاء عمليات التحليل لأكبر من القياسات الجسمية. كان عمل Yeadon تحديد الحركات فى الفضاء. والآخرون مثل Wilson , Neal

(١٩٨٥م) تطور النماذج التى أخذت لحساب القوى الخارجية: تلك الدراسات كانت عادة محددة بثلاث أو أربع أعضاء. قدر Vaughan (١٩٨١م) القوى والعزوم عند رسغ اليد خلال مرجحة الجلف، بينما Schleihauf، Groy و Derose (١٩٨٣م) استخدموا نموذج هيدروديناميكى Hydrodynamic لتقدير عمل القوى علي ذراع السباح وأخيراً، Hubbard (١٩٨٠م) و Durey (١٩٨٧م) استخدموا نموذج للاتحاد بين رد الفعل الداخلى للاعب وأداته فى تحليل الحركة.

اليوم، تحليل الأبعاد الثلاثة يستفيد منه المدرب عن طريق السماح بالدراسة الصارمة للانشطة الرياضية والاداءات الحازمة. بالإضافة إلى تحسن أفضل لتفهم الحركات المعقدة، تحليل الأبعاد الثلاثة نسق اختبارات التدريب من خلال نماذج التنبؤ. تفاعل الفيديو أيضاً جعل من الممكن تحسين تدريب المدربين، والحكام والقضاه.

إذاً فى المستقبل القريب بالتحديد التوقع الفنى يقتحم الانجاز، ويمكننا توقع اعظم تنبؤ وأعظم دقة فى قياسات الأبعاد الثلاثة، وتنقية نماذجا لتنبؤ، وتساوى الزمن الحقيقى لإعادة تركيب الأبعاد الثلاثة خلال المسابقة للعيون الخبيرة للحكام كمثل لاسعاد المشاهدين.

* * *





المراجع
REFERENCES

1 - Dapena, J. (1988a). Biomechanical analysis of the Fosbury Flop, Part 1. Track Technique, 104, 3307 - 3317.

2 - Dapena, J. (1988b). Biomechanical analysis of the Fosbury Flop Port 2, Track Technique, 105, 3343 - 3350.

3 - Dapena, J. (1989). Simulation of Modified Human airborne Movements. Joumal of Biomechanics, 14, 81 - 89.

4 - Dapena, J. & Braff, T. (1985). Atwo - dimensional Method for the Prediction of Movements in Pole Voulting. in D.A. Winter, R.W Norman, R.P. Wells, K.C. Hayes, & A.E Patla (Eds.) Biomechanics IX.B (PP. 458-463), champaign, IL: Human Kinetics.

5 - Daporte, E., Van Gheliiwe, B., & Hebbelinck, M. (1990). A Three - dimensional Cinematographical analysis of arm and rocket at inpact in tennis. In N. Berne & A. Cappozzo (Eds), Biomechanics of Human Movement: Application in rehabilitation, Sports and ergonomics (pp. 460 - 467). OH: Bertec.

6 - Durey, A. (1987). Vers des activités didactiques de Mise au Point de Modeles de Physique avec des Micro. Ordinateurs, Exemple: trajectoires, Frappes et rebonds de balles en rotation. Toward didactic activities of Perfect Physical Models Using Micro - Computers. Example: Trajectories Strokes, and bounces or rotating balls. Thése ´détat en Sciences physiques. Université paris7.

7 - Durey, A., & De Kermadec, G. (1984). Tous les Coupe du Tennis et Leurs effects [All the Lennis Stokes and the effects of Spins]. Sciences et Vie Hors Série, Le Sport au quotidcen, 44 - 69.

8 - Durey, A., & Orfeuil, F. (1989) Spins and Trajectories in Table Tennis, Table Tennis Scientist´s Conference, Rome.

9 - FFT/ INSEP (Producer). & De Kermadec, G. (Director). (1985) Roland Garros avec Martina Narratilova [Film]. Paris: INSEP.

10 - FFT/ INSEP & (1986). Roland Garros avec John Mc Enroe [Film]. Paris: INSEP.

11 - Grainger., J., Norman, R., Winter, D., & Bobet, J. (1983) Doyto day reproducibility of Selected biomechanical Variables Calculated From Film data. In Hideji Matsui & Kando Kobayashi (Eds) Biomechanics IVB (pp. 1238 - 1247). Champaign, IL: Human Kenetics.

12 - Griner, G.M (1984). A Parameric Solution to elastic Pole - Vaulting Pole Problem. Journal of Applied Mechanics, 51, 409 - 414.

13 - Hubbard, M. (1980) Dynamics of the Pole Vault, Journal of Biomechanics, 13 (11), 965 - 976.

14 - Marey, M. M., & Demeny. G (1885) Locomation Humaine, Mécanisme du Saut [Human Motion, Jumping Mechanism] . Comptes rendus des Séances de ´Lacademie des Sciences. Paris: Gauthier Villars.

15 - Mc Ginnis, P.M. (1983). the inverse dynamics Problem in Pole Vaulting. Medicine & Science in Sports & Exercise, 15, 112.

16 - Mc Ginnis, P.M. (1987). Performance - Limiting Factors in the pde Vault. Medicine & Science & Exercise, 19, 518.

17 - Mc Ginnis P.M. & Bergman, L.A. (1986). An Inverse dynamic analysis of the Pole Vault. International Journal of Sport Biomechanics, 2, 188 - 201.

18 - Neal R. J., & Wilson, B. D (1985). 3 - D Kinematics and Kinatics of the golf Swing. International Journal of Sport Biomachanics, 1, 221 - 232.

19 - Ramanantsoa, M.M., Ripoll, H. & Durey A(1991) Analyse du Mouvement et neuroscies: bilan et reflexions de recherches (Analysis of Movement and neuroscience results and research notes). Acts du

Collaque national, Me thodologie et étude du Mouvement en Sport, ergonomie et Clinique.

20 - Ripoll., H. (1989) Uncertainty and Visual Startegies in table Tennis, Perceptual and Motor Skills, 1989c. (68), 507 - 512.

21 - Schleihauf, R.E., Gray, L., & Derose, J. (1983) Three dimensional analysis of hand Propulsion in. the Sprint Front Crawl Stroke. in. A.P. Holander, P. Huijing & G de Groot (Eds), International Series on Sport Saences. Vol- 14 (pp. 173 - 191).

22 - Takei, Y. (1989). Techniques Used by elite Mal Gymnasts Perfarming a hand Spring Vault at the 1987 pan American games. International Journal of Sport Biomechanics, 5, 1 - 25.

23 - Van Gheliiwe. B. De Ruysscher, I. & Graenhals, J. (1987) Pronation and endorotation of the rocket arm in a tennis Serve. in J. Bengt (Eds) Biomechanics VIB (pp. 667 - 673) Champaign, IL: Human Kinetics.

24 - Van Gheliiwe, B., & Hebbelinck, M. (1985). the Kinamatics of the Service Movement in Tennis: A Three - dimensional Cinematographic approach. in D.A. Winter, R.W. Norman R.P. Wells, K.C. Hayes, & A.E Patla (Eds), Biomechanics, XIB (pp. 521 - 526). Champaign, IL: Human Kinetics.

25 - Vaslin, P. Couetard, Y. & Cid, M. (1993), July). Three dimensional dynamic analysis of the Pole Valt. Paper Presented at International Societly of Biomechanics Congress. Paris.

26 - Vaughan, C.L.A (1981). A Three dimensional analysis of the Forces and Forgues applied by a golfer during the downswing. In A. Morecki Fidelus, K. Kedzior, & A. Wif (Eds) Biomechanics IIIB (pp. 325 - 331) Baltimore: Uiniversity Park Press.

27 - Winter, D.A(1979) Biomechanics of human Movement. Toronto: Wiley.

28 - Yeadon, M.R (1990a). the Simulation of aeial Movement I. the determination of orientation angles form Film data . Journal of Biomechanics, 23 (1), 59 - 66.

29 - Yeadon, M.R. (1990b) the Simulation of aerial Movement - 11 - A mathematical inertia Model of the human body. Journal of Biomechanics 23 (1), 67 - 74.

30 - Yeadon, M.R. (1990c). the Simulation of aerial Movement - III. the determination of the anqular Momentum of the human body. Journal of Biomechanics, 23 (1), 75 - 83.

31 - Yeadon., M.R. Atha, J., & Hales, F.D. (1990) the Simulation of aerial Movement - IV. Acomputer Simulation Model. Journal of Biomechnics, 23 (1). 85 - 89.

الرموز والمصطلحات

C.C.D. (charge - Coupled Device)	جهاز شحن مزدوج
C.V. (Cross - Validation)	تناقض المصداقية
D.L.T (Direct Linear Formation)	الانتقال الخطى المباشر
D.M.A. (Dedicated Direct Memory access).	مدخل الذاكرة المباشر
F.C.S (Fixed Coordination System)	النظام الإحداثى الثابت
G.U.I.s (Graphical User Interfaces)	استخدام الرسم البيانى المتداخل الأوجه
G.C.V. (General Contrast to ordinary Cross - Validation)	التباين العام المألوف لتناقض المصداقية
H.S.M.s (High Speed Monitors)	شاشات العرض السريعة
H.D.T.V (High Difinition Television)	الارتفاع بمواصفات التليفزيون
I.H.A.(the Instantancous helical axis)	المحور اللولبى اللحظى
M.O.S. (Melal Oxide Semiconducor)	نصف موصل الأوكسيد
N.M. (Namber of Markes)	عدد العلامات
N.T.V. (Namber of Sensors)	عدد أجهزة الرصد
R.M.S. (Root Mean Sguare)	متوسط مربع الجذر التربيعى
R.M.S.E (Root Mean Sguare Error)	خطأ متوسط مربع الجذر التربيعى
SNR (Signal - Noise Ratio)	معدل إشارة التشويش
S.R. (Sampling Rate).	معدل الاختيارات والعينة

معجم

A

English	عربي
Abduction	التقريب
Active Marker	علامات غير مباشرة
Addressable	موجهة
Adduction	التبعيد
Adversary	مقاومة، معاكس
Allocate	يوقع
Analogy	قياس
Annotated	علق على شرح
Arhitecture	أسلوب البناء
Assigned	خصص ، عين
Avalable	مفتاح

B

English	عربي
Basic Processing	المعاملة الاساسية
Blanking	فراغ
Blod	نقطة حبر
Broad Cast	يذيع، ينشر

C

English	عربي
Capturing	حساب
Capable	قادر على
Centroids	المركز المتوسط
Compro mise	يسوى
Constraints	حبس، تقييد، ضغط
Consequences	نتيجة، عاقبة
Considered	مدروس
Criterion	محك، عيار
Coaxial	الكامل ذو الموصلين
Corrspodence Problem	مشاكل العلاقة

D

English	عربي
Data Acquisition	أسلوب اكتساب البيانات
Data Processing	معاملة البيانات
Damaging	عطل، ضرر
Damping	إضعاف
Decade	العشر سنوات
Dectrogniometer	المنقل الآلى
Degradation	يزيل رتبة. تعرية
Deliver	حرر
Digitze	رقمية
Digit	عدد، أو رقم
Dipict	لصق، يصور
Discard	يطرح
Disruptive	تعطيل، ممزق

E

Encoded	يحول إلى رموز تلغرافية	Evalved	وَلَّدَ
		Exploit	يشتغل
Entities	وجود	Exposure	إظهار، كشف
Eguivalent	متكافئ	Extension	البسط
Essentially	جوهرى	External Rotation	الدوران للخارج

F

Flexion	التواء	Fossa	تجويف
Force Coupl	اذدواج القوة	Force estimation	تقدير القوة
Forced Movement	حركة قسرية	Frequency	تكرار

G

Gain	يربح، يكسب	Grabber	يمسك، ينتزع

H

Hardware	قرص التشغيل	Hue	تدرج اللون
Haul	المسافة التى ينتقل منها حمل ما		

I

Illumination	إضاءة	Implies	مذكور ضمنا
Inbeded	تشرب	Implementation	أدوات
Independent	مستقل	Improvement	تحسين، تهذيب
Illumination	إضاءة	Integer	يحول التيار
Infrared (IR)	أشعة تحت الحمراء	Interscet	يشطر، يقطع
		Internal Rotation	الدوران للداخل

M

Marker Assign-ment	مهمة العلامات	Merge	يندمج
		Mesh	تعشيق، عيون الشبكة
Marker Detector	الكاشف عن العلامة	Model	نموذج

O

Occlude — يمتص، يحبس

Occurs — وقع، حدث

Opteoelectronic — الوسائل الاكترونية البصرية

P

Paddle — مجداف، طارة البدال

Passive Markers — علامات مباشرة

Perspective — الرسم المنظورى

Photodiods — الصمامات الثنائية

Predictive — تنبؤى

Precision — أحكام، دقة

Preferable — تفضل

Preoccupation — إنشغال كامل

Provisions — استعداد مسبق

Pseudo- top — قمة كاذبة

R

Reassemble — قبل التجميع

Recognition — تميز، تعرف

Registration — تسجيل، تقييد

Repeatable — القدرة على التكرار

Reproducibility — القدرة على الانتاج

Representation — تصوير، تمثيل

Response — قبول، موافقة

Retroreplectiv Markers — العلامات العاكسة (الارتجاعية)

S

Saw — منشار، قطع بمنشار

Saw — رأى، نظر

Scheme — رسم تخطيطى

Sensor — جهاز الرصد

Signify — يدل على، تعنى

Signal Processing — أسلوب معاملة الإشارة

Site — مكان، موقع

Sliced — شريحة

Spatioteporal — الزمان المكانى

Strateagtes — استراتيجية

Stripes — خط أو شريط

System Accuracy — دقة النظام

Systems Limitations — حدود النظم

System Precision — وضوح النظام

T

Three Dimensional	الأبعاد الثلاثة	Transformation	الانتقال
Threshold Detection	الكشف المبدئى	Torso	الجذع
Tridimensional	ثلاثى أبعاد		

V

Validation	مصداقية	Visible	منظور
Video Camera	كاميرا الفيديو	Viscous	لزج

رقم الإيداع
٩٨/٣٤٤٦
I.S.B.N
977 - 294 - 061- 2

طبع آمون
٤ عطفة فيروز - متفرع من ش إسماعيل أباظة - لاظوغلى
تليفون: ٣٥٤٤٥١٧ - ٣٥٤٤٣٥٦